UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

USO DE LA CASCARA DE ARROZ Y FIBRA DE COCO COMO BIO ABSORBENTE EN EMERGENCIA PARA DERRAMES DE PETRÓLEO Y ACEITE RESIDUALES DE MOTOR RECUPERABLE EN AGUAS SUPERFICIALES, UCAYALI 2023

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

LUIS FERNANDO ASCENCIO GARCIA

PUCALLPA ,PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 227/2025-CGyT-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo a las 11:00 horas del día viernes 26 de mayo del 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N° 026-2025-UNU-FCFyA-CGyT, Conformado por:

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez	Presidente
Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón	Miembro
Dra. Dina Parí Quispe	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de la tesis denominado: **"USO DE LA CÁSCARA DE ARROZ Y LA FIBRA DE COCO COMO BIO ABSORBENTE EN EMERGENCIA PARA DERRAMES DE PETRÓLEO Y ACEITES RESIDUALES DE MOTOR RECUPERABLE EN AGUAS SUPERFICIALES, UCAYALI 2023"**, Presentado por el **Bach. LUIS FERNANDO ASCENCIO GARCÍA**, asesorado por la M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio. Habiendo culminado la sustentación por el bachiller, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador las cuales fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito por otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL,** siendo las 12:19 del mismo día, se da por culminado el acto académico, firmado los jurados en señal de conformidad.

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez
Presidente

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón
Miembro

Dra. Dina Pari Quispe
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

En esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez
Presidente

Dr. Noé Klever Guadalupe Baylón
Miembro

Dra. Dina Pari Quispe
Miembro

M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Asesora

Bach. Luis Fernando Ascencio García
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0292-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**USO DE LA CÁSCARA DE ARROZ Y LA FIBRA DE COCO COMO BIO ABSORBENTE EN EMERGENCIA PARA DERRAMES DE PETRÓLEO Y ACEITES RESIDUALES DE MOTOR RECUPERABLE EN AGUAS SUPERFICIALES, UCAYALI 2023**"

Autor(es)	:	**ASCENCIO GARCIA LUIS FERNANDO**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. JENNY PAOLA ZEÑA RUBIO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 21/06/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, LUIS FERNANDO ASCENCIO GARCÍA.

Autor de la tesis titulada: "USO DE LA CASCARA DE ARROZ Y FIBRA DE COCO COMO BIO-ABSORBENTE EN EMERGENCIA PARA DERRAMES DE PETROLEO Y ACEITE RESIDUALES DE MOTOR RECUPERABLE EN AGUAS SUPERFICIALES, UCAYALI 2023"

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): M. SC. JENNY PAOLA ZEÑA RUBIO.

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 26/05/2025

Email: luis1996ag@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 915947628 DNI: 77700513

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a Dios, a mis padres, hermanos y a toda mi familia quienes son mi apoyo y fuerza para ser profesional.

Luis Fernando Ascencio García

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por impartirnos una educación de calidad y cedernos sus instalaciones para llevar a cabo nuestra investigación que hoy se ve concretada.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por dotarnos de su sabiduría y conocimiento a lo largo de nuestra formación profesional y de manera especial a los que ya no están con nosotros. Asimismo, al personal administrativo por ser un soporte importante durante nuestra etapa universitaria.

A la Ing. Jenny Paola Zeña Rubio por su asesoramiento constante en el desarrollo de la presente investigación.

Finalmente agradecemos a quien lee esta tesis y de esa manera nos permite compartirle un poquito de nuestro conocimiento adquirido con el desarrollo de nuestra investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE DE CONTENIDO viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

RESUMEN xiv

ABSTRACT xv

INTRODUCCIÓN xvi

1.CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1.Formulación del problema 1

1.1.1.Problema general 3

1.1.2.Problemas específicos 3

1.2.Objetivos 3

1.2.1.Objetivo General 3

1.2.2.Objetivos Específicos 3

2.CAPITULO II : MARCO TEÓRICO 5

2.1.ANTECEDENTES 5

2.1.1.Antecedentes Internacionales 5

2.1.2.Antecedentes Nacionales 9

2.1.3.Antecedentes Locales..... 11

2.2.PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 11

2.2.1.Hidrocarburos 11

2.2.2.Absorción ……13

2.2.3.Cascarilla de arroz 15

2.2.4.Fibra de coco 17

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 18

3.CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... 20

3.1.MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 20

3.1.1.Enfoque de la investigación 20

3.1.2.Alcance de la investigación 20

3.1.3.Diseño de la investigación..... 20

3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA 21

3.2.1.Población ……21

3.2.2.Muestra……..... 21

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... 22

3.3.1.Técnicas ……22

3.4.PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS. 24

3.5.TRATAMIENTO DE DATOS. 24

4.CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 25

4.1.Evaluar a la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales ……...25

4.2.Características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco como absorción ……...29

4.3.Capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco ……..31

4.4. Capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco..... 34

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37

5.1. CONCLUSIONES 37

5.2. RECOMENDACIONES 39

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS 40

ANEXOS..... 50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de petróleo según tipo de bioabsorbente 26

Tabla 2 Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de aceites residuales de motor según tipo de bioabsorbente 28

Tabla 3 Características Físico Químicas de la Cascara de Arroz y la Fibra de Coco ... 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recolección de los residuos de coco 53

Figura 2 Procesado de la cascara de coco (Deshilachado)..... 53

Figura 3 Secado de la cascara de coco 54

Figura 4 Medición de dimensiones del contenedor de absorbente de cascara de coco 54

Figura 5 Llenado de contenedor con el absorbente de cascara de coco..... 55

Figura 6 Absorbente de coco con contenedor de tul 55

Figura 7 Absorbente de coco con contenedor de tela 56

Figura 8 Absorbente de coco con contenedor de yute 56

Figura 9 Recolección de los residuos de cascara de arroz 57

Figura 10 Llenado de contenedor con el absorbente de cascara de arroz 57

Figura 11 Absorbente de cascara de arroz con contenedor de yute 58

Figura 12 Absorbente de cascara de arroz con contenedor de tul 58

Figura 13 Absorbente de cascara de arroz con contenedor de tela 59

Figura 14 Llenado de recipiente contenedor de petróleo y/o aceite de motor 59

Figura 15 Pesado para obtener la masa inicial del absorbente en seco..... 60

Figura 16 Sumergido y escurrido del exceso de petróleo o aceite de motor absorbido por el bioabsorbente 60

Figura 17 Pesado post absorción de petróleo y/o aceite de motor del bioabsorbente . 61

Figura 18 Colocado y medido de absorbente en la prensa de compresión 61

Figura 19 Prensado de bioabsorbente con petróleo o aceite de motor 62

Figura 20 Evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de petróleo recuperable en aguas superficiales 25

Figura 21 Evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de aceite residual de motor recuperable en aguas superficiales 27

Figura 22 Capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco 31

Figura 23 Capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco 34

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo Evaluar a la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales. La investigación es de tipo cuantitativa, de alcance descriptivo, con diseño experimental, este tomo las siguientes condiciones el tipo de hidrocarburo a absorber, el tipo de bio absorbente y el tipo de contenedor o recubrimiento, se tuvo en total 70 muestras experimentales. La metodología de trabajo se basó en la normativa estandarizada internacional ASTM F726-12 para pruebas de absorción de corta duración (ASTM, 2012). Como resultados La capacidad de absorción de petróleo y aceite de mayor eficiencia la cascarilla de arroz con yute es de 2.71 g/g y 2.42 g/g y fibra de coco con tela de 3.31 g/g y 3.10 g/g. La capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido de mayor eficiencia son la cascarilla de arroz con yute es de 0.26 g/g y 0.26 g/g y la fibra de coco con yute de 0.3 g/g y 0.21 g/g. Se concluye que la cascarilla de arroz en promedio tiene una eficiencia de 0.058 g(Rec.) /g (Abs.) y la fibra de coco tiene una eficiencia promedio de 0.077 g(Rec.) /g (Abs.) como bioabsorbente de emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperables.

Palabras claves: Bio absorbente s, petróleo, aceite, emergencia de derrames, agua superficial.

ABSTRACT

The objective of the research is to evaluate rice husk and coconut fiber as a bioabsorbent in emergency oil spills and residual motor oils recoverable in surface waters. The research is quantitative, descriptive in scope, with experimental design, this took the following conditions: the type of hydrocarbon to be absorbed, the type of bio absorbent and the type of container or coating, there were a total of 70 experimental samples. The work methodology was based on the international standardized ASTM F726-12 standard for short-term absorption tests (ASTM, 2012). As results, the most efficient petroleum and oil absorption capacity of rice husk with jute is 2.71 g/g and 2.42 g/g and coconut fiber with cloth is 3.31 g/g and 3.10 g/g. The highest efficiency compression recovery capacity of absorbed residual motor oil and oil is rice husk with jute is 0.26 g/g and 0.26 g/g and coconut fiber with jute is 0.3 g/g and 0.21 g/g. It is concluded that rice husk on average has an efficiency of 0.058 g(Rec.)/g (Abs.) and coconut fiber has an average efficiency of 0.077 g(Rec.)/g (Abs.) as bioabsorbent of oil spill emergency and recoverable waste motor oils.

Keywords: Biosorbents, petroleum, oil, spill emergency, surface water.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, esta problemática es de alcance mundial, con derrames de hidrocarburos alcanzando anualmente los 8,8 millones de toneladas métricas, lo que afecta los procesos biológicos y físicos de recursos naturales como suelos, agua y atmósfera. Perú no es una excepción a esta situación. En los últimos años, el país ha sido objeto de numerosas investigaciones sobre la contaminación del agua causada por derrames de hidrocarburos por parte de empresas petroleras, resultando en daños y significativos impactos ambientales en los ecosistemas y cuerpos de agua, comprometiendo el entorno que nos rodea.

La falta de atención de los derrames de petróleo se debe a la complejidad de su respuesta, en zonas costeras el método más común es el uso de sistemas de bombeo llamados skimer, que recogen el petróleo de la parte superficial del agua, el cual requiere una embarcación y energía para su funcionamiento, además del uso de barreras absorbente de microfibra, esta tecnología se ve frustrada al llevarse a cabo el incidente en zonas de la selva, debido a la corriente continua de los cuerpos de agua que hace que el petróleo se extienda continuamente, por tal el método más común es el uso de barreras absorbente s, que al ser de un material especial es limitada su disponibilidad en zonas alejadas de la amazonia peruana.

La investigación es de tipo cuantitativa, de alcance descriptivo, con diseño experimental, este tomo las siguientes condiciones el tipo de hidrocarburo a absorber, el tipo de bio absorbente y el tipo de contenedor o recubrimiento, se tuvo en total 70 muestras experimentales. La metodología de trabajo se basó en la normativa estandarizada internacional ASTM F726-12 para pruebas de absorción

de corta duración (ASTM, 2012). Donde se aplicó las condicionales sumergiendo el material bio absorbente en petróleo y aceite durante un tiempo determinado de 15 minutos, seguido este se deja escurrir hasta que corte el punto hilo de goteo y se pesa el material absorbente con el petróleo o aceite capturado, seguido este pasa a una compresora mecánica el cual retira la mayor cantidad de aceite y petróleo, el cual se evalúa el meso posteriormente, obteniendo una diferencia gravimétrica del material y los líquidos que previamente se analizaron sus densidades.

La investigación concluye que la cascarilla de arroz en promedio tiene una eficiencia de 0.058 g(Rec.) /g (Abs.) y la fibra de coco tiene una eficiencia promedio de 0.077 g(Rec.) /g (Abs.) como bioabsorbente de emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperables.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

Los derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua generan desastres ecológicos de gran magnitud, con un impacto global devastador. Cada año, se registran aproximadamente 8,8 millones de toneladas métricas de derrames, afectando suelos, agua y atmósfera. Perú no es ajeno a esta problemática; en los últimos años, el país ha sido escenario de numerosos incidentes de contaminación por derrames de hidrocarburos de empresas petroleras, los cuales han ocasionado daños significativos a ecosistemas y fuentes de agua. El informe “La sombra del petróleo” documenta que entre 2000 y 2019 ocurrieron 474 derrames en el Oleoducto peruano, de los cuales el 65% fueron causados por fallas en la infraestructura petrolera. Estos derrames han tenido efectos ambientales devastadores, particularmente en la Amazonía peruana. Un caso representativo es el derrame de 2016 en ensayo, que afectó gravemente a la población local, contaminando fuentes de agua potable y recursos pesqueros, y provocando la muerte

Los derrames de petróleo en cuerpos de agua tienen efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos y en las comunidades cercanas. El petróleo que se vierte en ríos, lagos o mares no solo contamina el agua, sino que también afecta el suelo, la atmósfera y la biodiversidad, provocando consecuencias a largo plazo en el medio ambiente y la salud humana. El petróleo forma una capa sobre la superficie del agua que interrumpe la oxigenación, afectando a organismos acuáticos que

dependen del oxígeno disuelto para su supervivencia. Esto puede llevar a la asfixia masiva de peces, crustáceos y otras especies acuáticas. Las poblaciones humanas cercanas a cuerpos de agua contaminados sufren de escasez de agua potable y de recursos pesqueros, afectando su salud y medios de vida. El petróleo puede contaminar las fuentes de agua potable y destruir las pesquerías locales, lo que tiene efectos económicos y sociales negativos.

Dada la ineficacia de los métodos tradicionales en áreas remotas y de difícil acceso, se están explorando soluciones más innovadoras y sostenibles. El uso de **residuos orgánicos** como material absorbente para la recuperación del petróleo ha emergido como una alternativa prometedora. Materiales como algas, residuos agrícolas o biomasa tienen propiedades absorbente s naturales que podrían ser aprovechadas para recolectar el petróleo de los cuerpos de agua. Además, estos métodos no solo serían más efectivos en la selva, sino que también serían una opción más ecológica y económica, dado que reutilizan materiales que de otro modo podrían generar desechos.

Los derrames de petróleo tienen efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos y las comunidades locales, y los métodos tradicionales de recuperación, como los skimmers y dispersantes, son insuficientes en muchas áreas remotas. Es urgente la exploración de alternativas innovadoras, como el uso de residuos orgánicos, que podrían ofrecer soluciones más eficaces y sostenibles para la remediación de estos desastres.

1.1.1. Problema general

- ¿La cascara de arroz y la fibra de coco puede ser usado como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor en aguas superficiales, Ucayali 2023?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco utilizada como absorbente de petróleo y aceite residual de motor?
- ¿Cuál es la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz?
- ¿Cuál es la capacidad de recuperación del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar a la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales, Ucayali 2023

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco utilizada como absorbente de petróleo y aceite residual de motor
- Analizar la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco

- Determinar la capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la investigación realizada por Sousa et al. (2022), evaluó la Cinética de absorción de diésel por bioabsorbente s de fibra in natura de coco (cocus nucifera). Se encontró que la mayor sorción se logró con una granulometría de 125-250 µm, un tiempo de 45 minutos y 200 mg de fibras, alcanzando una sorción de 0,67 g de diésel por gramo de fibra. Con esta efectividad, se puede usar 1 kg de fibras para tratar hasta 10 m³ de efluente en casos de contaminación media. Además, el modelo de pseudo segunda orden mostró el mejor ajuste a los datos experimentales. La energía de activación fue de 210,13 J/mol y la constante de Arrhenius fue de 60,47, lo que indica que la absorción ocurrió por fisisorción, a través de la difusión superficial del absorbato en el absorbente.

Schirmer et al. (2022), evaluaron la Eliminación de colorantes textiles mediante cáscaras de soja modificadas. Para las evaluaciones se prepararon soluciones de NR122 (10 - 2200 ppm) para las isotermas de absorción, y 300, 600 y 1200 ppm de NR122 para cada ensayo sobre la cinética de absorción. Los resultados obtenidos de las isotermas y cinética de absorción mostraron una capacidad máxima de absorción de 705,4 mg/g y un tiempo máximo de absorción de 1 h, respectivamente. Obteniendo un porcentaje de remoción del 79% y una capacidad máxima de absorción de 678.1 mg/g.

Sun et al. (2021), en su estudio aplicación de Aerogel carbonoso de biomasa

modificado con perfluorooctiltrimetoxisilano superhidrofóbico y ultraligero para la remediación de derrames de petróleo. Las capacidades máximas de sorción de PPCA@PFTS para aceite de soja fueron de aproximadamente 5,8 g/g. PPCA@PFTS muestra una buena durabilidad con una efectividad mantenida hasta 30 ciclos de regeneración probados. Además, el aceite absorbido se puede recolectar rápidamente. Por lo tanto, creemos que un diseño cuidadoso del aerogel carbonoso de biomasa de cáscara de pomelo podría mejorar aún más las propiedades de absorción de aceite de este tipo de materiales.

Rivas et al. (2020), en el presente trabajo tiene como objetivo, evaluar la capacidad de absorción de hidrocarburos en agua superficial de un material absorbente elaborado a partir de bagazo modificado. Se llevaron a cabo dos pruebas siguiendo el método establecido (F 726-06 ASTM, 2006) para absorbente s de tipo II. La capacidad de absorción más alta alcanzada fue de 2,24 gramos de hidrocarburo por cada 4 kilogramos de absorbente, medida a las 24 horas después de haber depositado el material. Estos resultados son consistentes con los reportados en la literatura para este tipo de absorbente s.

Davila y Estrada (2020), el objetivo general de la investigación fue determinar la eficiencia del musgo Sphagnum magellanicum para el tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo. Se llevó a cabo un experimento utilizando el musgo Sphagnum durante tres periodos de tiempo (10, 20 y 30 días) y con tres diferentes cantidades (200, 300 y 400 gramos), cada con tres repeticiones. Se obtuvo 27 unidades experimentales en condiciones de laboratorio. Después de 30 días, los resultados mostraron que el tratamiento III, utilizando 400 gramos de musgo Sphagnum magellanicum, fue el más efectivo, logrando absorber el 74% de

hidrocarburos, en comparación con el tratamiento 2 que absorbió el 67% y el tratamiento 1 que absorbió el 58%.

Así mismo Granda (2019), determinó la capacidad bioabsorbente del pseudotallo de Dominico harton para retener hidrocarburos del agua, específicamente de la fracción diesel. Para esto, se utilizó la norma internacional ASTM F-726 para materiales sorbentes. La eficiencia en la reducción de hidrocarburos alcanzó el 97,42% utilizando partículas de 6 x 6 cm. Además, se evaluó el rendimiento de sorción del pseudotallo, que demostró la capacidad de retener hasta 8,91 veces su peso, superando incluso a algunos sorbentes comerciales. Esto lo convierte en un bioabsorbente altamente eficiente para la remoción de hidrocarburos de agua contaminada en condiciones de laboratorio. Se sugiere realizar una prueba piloto de este material bioabsorbente en condiciones reales de contaminación.

El estudio de Liu y Wang (2019), desarrollo un nuevo método para preparar absorbente de petróleo utilizando papel usado y su aplicación para la limpieza de derrames de petróleo. El absorbente tuvo un excelente rendimiento con una alta capacidad de absorción de 16 a 28 veces su propio peso. Hasta el 92,8% del aceite en los absorbente s se pudo reciclar y recolectar fácilmente mediante exprimido manual. El absorbente se pudo reutilizar durante ocho ciclos y la capacidad de sorción se mantuvo constante. Por lo tanto, se espera que este absorbente sea un absorbente de aceite prometedor para posibles aplicaciones como la limpieza de derrames de petróleo.

Espino (2018), la investigación consta del uso de dos absorbente s naturales, constituidas por el Cabello Humano y las Plumas de Pollos, para recuperar fuentes naturales contaminadas por petróleo y resultados de las actividades antropogénicas e industrias. El tratamiento se llevó a cabo en cinco intervalos de tiempo (55 segundos, 2, 5, 8 y 11 minutos), determinando que las plumas de pollo son más eficientes en el tiempo de 5 minutos, absorbiendo una mayor cantidad de petróleo de 102.0 g, con una capacidad de sorción 4.78 veces mayor que su peso y una pérdida por escurrimiento en agua agitada del 5.35%. Por otro lado, el cabello humano fue más efectivo en 8 minutos, capturando 67.33 g de petróleo, con una capacidad de sorción 3.22 veces mayor que su peso y una pérdida por escurrimiento en agua agitada del 23.08%. Los resultados de estos productos orgánicos, también conocidos como quitinosos, indican que representan una tecnología económica. Además, son considerados materiales no útiles para la sociedad, lo que los hace baratos y abundantes.

Huaracha (2018), en esta investigación se evaluó a las hojas de la Brachiara decumbens como bioabsorbente de petróleo crudo 24 °API para disponer así de un material alternativo con que afrontar el riesgo ambiental latente en el Oleoducto Norperuano. Para los ensayos de capacidad de absorción, se adaptó el método de prueba estándar para el rendimiento de absorbente s ASTM F726-12 en su sección "Oil absorption short test". Los resultados mostraron que estos dos factores afectan la capacidad de absorción del petróleo crudo 24 °API, obteniéndose el mejor rendimiento con 7.8 g de petróleo por g de bioabsorbente en un tiempo de ensayo de 15 minutos y una longitud del bioabsorbente de 0.25 cm. Este rendimiento fue

inferior al de los absorbente s comerciales, tanto sintéticos como orgánicos, que mostraron capacidades máximas de absorción de 11.9 y 10.4 g de petróleo por gramo de absorbente, proporcionalmente.

Cárdenas (2017), evaluó la capacidad de absorción de aceite de motor nuevo y diésel, de la cáscara de cacao, cáscara de banano y cascarilla de arroz tratados en medio ácido y con un tiempo de 30 minutos. Este autor obtuvo resultados óptimos para la cáscara de cacao con 1.4 g/g y 0.7 g/g, la cáscara de banano con 2.1 g/g y 1.5 g/g, y finalmente la cascarilla de arroz con 4.7 g/g y 1.4 g/g, en secuencia para aceite de motor nuevo y diésel, respectivamente. A pesar de estos resultados relativamente bajos, el autor menciona que su estudio mostró resultados positivos para su aplicación en el campo de absorbente s y recomendó desarrollar nuevos métodos y tratamientos de en base a estos residuos para mejorar la hidrofóbia y oleofílicas de los materiales, aumentando así su capacidad de absorción.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Huaman y Palomino (2023), evaluaron la capacidad de absorción de diésel b5 s-50 mediante el uso del bioabsorbente obtenido a partir de plumas de pollo. Para ello, se diseñó un proceso para producir el bioabsorbente , que incluyó la recolección de plumas de pollo. Estas plumas fueron lavadas, secadas, trituradas, tamizadas y luego activadas con ácido acético y peróxido de hidrógeno al 3.5% (v/v), generando tres tipos de bioabsorbente s. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: para la densidad real, se registraron 0.975 g/ml, 0.977 g/ml y 0.978 g/ml, respectivamente; para la densidad aparente, los valores fueron 0.018 g/ml, 0.015 g/ml y 0.018 g/ml; el porcentaje de porosidad fue de 98.100%, 98.500% y 98.200%;

el porcentaje de humedad se reportó en 10.100%, 8.653% y 9.210%; y el porcentaje de cenizas fue de 3.300%, 1.600% y 1.800%. En cuanto al área superficial, se obtuvieron valores de 23.520 m²/g, 49.410 m²/g y 43.020 m²/g, respectivamente. Se concluye que el bioabsorbente derivado de las plumas de pollo cumple con los parámetros de la Norma ASTM F726-12 para ser clasificado como bioabsorbente Tipo III para hidrocarburos.

Elera (2021), el trabajo de investigación está orientado a utilizar la fibra de bagazo de caña de azúcar de la empresa Agroindustrial Laredo, como material absorbente de petróleo diésel de Trujillo, con activación química del bagazo con monooleato de sorbitan. Para evaluar las características absorbente s del bagazo de caña, tanto sin activar como activado, se emplearon las isotermas de Langmuir y Freundlich, relacionando la masa de petróleo con la masa de bagazo y la concentración del soluto al alcanzar el equilibrio a temperatura constante. Los resultados indicaron que el bagazo sin activar logra una remoción máxima del 80% en 45 minutos con 10 gramos de petróleo en agua. En comparación, el bagazo activado mostró una mayor eficiencia, con un 91% de remoción en el mismo tiempo y con la misma cantidad de petróleo. Esto sugiere que la activación del bagazo mejora significativamente su capacidad absorbente.

Así mismo Davila y Estrada (2020), emplearon el musgo Sphagnum magellanicum para la descontaminación de suelos afectados por hidrocarburos totales de petróleo en un experimento de laboratorio. El procedimiento consistió en utilizar el musgo Sphagnum magellanicum durante tres periodos diferentes (10, 20 y 30 días), con tres niveles de tratamiento y tres repeticiones para cada nivel (200,

300 y 400 gramos), lo que resultó en un total de 27 unidades experimentales. Los resultados mostraron que después de 30 días, el tratamiento con 400 gramos de musgo (tratamiento 3) fue el más eficaz, logrando una absorción del 74.41% de hidrocarburos, en comparación con el tratamiento 2 que alcanzó un 67.06% y el tratamiento 1 que logró un 58.01%.

2.1.3. Antecedentes Locales

Granados (2020), en el presente estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad de absorción de aceite residual y diésel de tres residuos orgánicos generados en la zona de Pucallpa, empleando para ello el método canadiense ASTMF-12 en su apartado “Oíl absorption short test”. Los resultados indicaron que cada tipo de residuo presentó diferentes mecanismos de adsorción y tiempo diferentes de saturación. Para el aceite residual la capacidad de adsorción fue de 4,7 gramos /gramos para residuos de arroz; 9,6 gramos /gramos para aserrín y 21,5 gramos /gramos para pluma de pollo con tiempo de 20, 15 y 10 minutos; para este mismo compuesto se determinó una capacidad de adsorción de 13,3 gramos/gramos para el absorbente convencional sintético y 9,6 gramos/gramos para el absorbente convencional orgánico, con tiempo de 20 y 10 minutos. Se observó que la mayor capacidad de absorción de aceite residual y diésel se obtuvo con el residuo de pluma de pollo.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Hidrocarburos

Se han identificado numerosos casos de derrames en tierra, mar y lagos debido al manejo inadecuado de sistemas de bombeo, transporte por tuberías,

almacenamiento en tanques, operaciones de plantas, y transporte tanto marítimo como terrestre (Origel y Torres 2002). Estos derrames también pueden ocurrir por rupturas de oleoductos, ya sea de manera accidental o intencional, colisiones, encallamientos y otras diversas causas (ITOPF, 2006).

Por otro lado, en la producción, transporte y refinación del crudo y sus derivados, se estima una pérdida anual de 2.4 millones de barriles debido a fugas de diversas magnitudes, lo que equivale a 6,523 barriles diarios. La mayor parte de estas fugas se libera directamente al medio ambiente (ECOPETROL, 1999), provocando contaminación de aguas superficiales y subterráneas, alteración de los ciclos del agua y del suelo, y contaminación atmosférica a nivel local y global (ICP, 2022).

El término hidrocarburos totales de petróleo (TPH) se refiere a un amplio grupo de varias centenas de sustancias químicas derivadas del petróleo crudo. En realidad, los TPH son una mezcla de estas sustancias. Se denominan hidrocarburos porque casi todos sus componentes están compuestos únicamente de hidrógeno y carbono. Los crudos de petróleo pueden contener diferentes cantidades de estas sustancias químicas, y los productos derivados del petróleo varían según el crudo del que se originan. La mayoría de los productos que contienen TPH son inflamables. Los hidrocarburos totales de petróleo son parte de una serie de resúmenes de salud pública sobre sustancias peligrosas y sus efectos en la salud (ATSDR, 2016)

Los derrames de petróleo son altamente tóxicos para la mayoría de los seres vivos y tienen efectos tanto locales como extendidos. Localmente, impactan

negativamente la vegetación y la microbiota del suelo, mientras que a nivel más amplio, se propagan a través de aguas superficiales y subterráneas. Los compuestos poliaromáticos del petróleo, que son moléculas orgánicas complejas y difíciles de degradar, juegan un papel crucial en la toxicidad. En grandes cantidades, no solo se produce toxicidad, sino también efectos físicos que impiden que la vegetación absorba agua del suelo. A nivel extendido, los derrames afectan a los seres vivos a través de la acumulación y el transporte de contaminantes en cursos de agua, causando no solo la muerte de peces, sino también la acumulación de residuos tóxicos en su carne y grasa, que se transmiten a lo largo de la cadena alimentaria (Cosio, 2016).

2.2.2. Absorción

El proceso de absorción implica el enriquecimiento de uno o más componentes en la región entre dos fases, conocida como interfase o superficie interfacial. El compuesto que se concentra en esta superficie se llama absorbato, mientras que la fase donde se acumulan estas sustancias es el absorbente. Este proceso puede ocurrir en una interfase gas-sólido o líquido-sólido. Durante la absorción, hay un incremento de la concentración de ciertas especies en la superficie debido a fuerzas de interacción atractivas entre los átomos de la superficie del sólido y las moléculas de gas o iones de la solución en contacto. Dado que hay más de una fase presente, el sistema es heterogéneo y la región que separa ambas fases se llama interfase (Granados Ortega, 2020). La absorción se limita a la superficie expuesta del sólido y se diferencia de la absorción en que el absorbato no penetra en el interior del material (Martínez Altamirano, 2013). Además, la

absorción se debe a fuerzas presentes en la superficie del absorbente, similares a las que existen dentro de un líquido o sólido, motivadas por el desequilibrio de fuerzas en la superficie del absorbente, lo que genera una fuerza atractiva neta normal a dicha superficie (Húmpola, 2013).

2.2.2.1. Tipos de absorción

Absorción física, se refiere a la captura de moléculas debido a fuerzas de Van der Waals, que son interacciones de atracción o repulsión entre moléculas o partes de una misma molécula, diferentes de los enlaces intramoleculares o interacciones electrostáticas con iones (Pérez y Gardey, 2015).

La absorción química o quimisorción, ocurre cuando hay una interacción química fuerte entre el absorbato y el absorbente , similar a un enlace químico. En este proceso, el absorbato experimenta cambios en su naturaleza química (Chikizurita, 2015).

La absorción por intercambio iónico, implica la atracción electrostática entre el soluto y el absorbente . Los iones del soluto se concentran en la superficie del absorbente , que está cargada eléctricamente con signo opuesto a los iones del soluto. En caso de absorbatos iónicos similares en carga, pero diferentes en tamaño molecular, el de mayor tamaño molecular será el preferentemente absorbido (Chikizurita, 2015).

2.2.2.2. Tipos de absorbente s según su naturaleza

Los materiales orgánicos**,** inorgánicos y sintéticos naturales han emergido como opciones confiables para la limpieza de derrames de petróleo en agua (Granados

Ortega, 2020). Estos absorbente s se pueden clasificar en tres categorías principales: naturales orgánicos, naturales inorgánicos y sintéticos.

Los absorbente s inorgánicos, son generalmente económicos pero difíciles de manejar y pueden representar riesgos; incluyen materiales como arena, perlita, vermiculita, lana de vidrio y cenizas volcánicas (Martínez M., 2013).

Los absorbente s orgánicos son utilizados para la inmovilización del petróleo en áreas ambientalmente sensibles, protegiendo así la vegetación y la vida silvestre. Algunos productos se tratan para adquirir propiedades oleofílicas (Gobierno de Canarias, 2005).

Los absorbente s sintéticos, altamente oleofílicos y hidrofóbicos, se encuentran en el mercado en diversas formas como rollos, papel, mantas, etc. Aunque generalmente no son biodegradables, son ambientalmente seguros (inertes). (Gobierno de Canarias, 2005).

2.2.2.3. Tipos de absorbente s según su presentación

Los absorbente s pueden emplearse en diversas formas y presentaciones, adaptándose según la función específica que se desea cumplir con su aplicación. ASTM (2012) detalla las principales modalidades de presentación de los absorbente s y sus usos correspondientes.

a. Material absorbente Tipo I (rollos, películas, hojas, mantas, tejidos o placas). Es un material con la longitud y anchura mayor que su espesor y que tiene una forma lineal y resistencia suficiente, para manipularse ya sea saturado o no saturado (ASTM, 2012).

b. Material absorbente Tipo II (sueltos): Un material no consolidado, en partículas sin forma ni resistencia, que puede ser manipulado con palas y/o equipos dispersantes (ASTM, 2012).

c. Material absorbente Tipo III (Adjuntos)

IIIa. Almohadillas, Material absorbente contenido por un tejido o red exterior que tiene permeabilidad al hidrocarburo, pero con aberturas lo suficientemente pequeñas para retener sustancialmente el material absorbente dentro del textil o red (ASTM, 2012).

III.b Material brazo-absorbente contenido por un tejido exterior o malla que es permeable al aceite, pero con aberturas suficientemente pequeñas para mantener sustancialmente el material absorbente dentro del tejido o malla. La longitud de la superficie excede sustancialmente otras dimensiones y con miembros de resistencia paralelos con la longitud. Los brazos también son provistos de conexiones para el acoplamiento de plumas absorbente s (ASTM, 2012).

d. Material Tipo IV (Unidades de aglomeración): Es un ensamble de hilos, redes abiertas u otras formas físicas, dadas a una estructura abierta que mínimamente impide la intrusión en sí misma de aceites de alta viscosidad. Son utilizados normalmente para aceites o hidrocarburos que presentan viscosidades del orden de 10 000 cp de viscosidad. Dichos aceites se mantienen entonces en esta estructura permitiendo el manejo del aceite/estructura compuesta (ASTM, 2012).

2.2.3. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz se refiere a la capa dura que envuelve el grano de arroz. Según Souza (1993), es un subproducto abundante de la industria procesadora de arroz en las regiones de la Amazonía peruana. Esta cáscara se caracteriza por tener una baja densidad y peso específico, y por descomponerse lentamente. Representa aproximadamente el 25% del volumen total de arroz, lo que significa que por cada tonelada de arroz se genera alrededor de 200 kg de cascarilla (Chur, 2010). Tradicionalmente, la cascarilla de arroz ha tenido aplicaciones limitadas, como limpiar campos, quemarse como combustible o desecharse en vertederos, debido principalmente a su inutilidad como alimento humano.

2.2.3.1. Composición

La cascarilla de arroz tiene un color amarillento, con un peso que varía de 2.5 a 4.8 mg según su tamaño y mide entre 8 y 10 mm de longitud y entre 1 y 2 mm de ancho, (Guevara, 1995). Principalmente está compuesta por lignina, celulosa, proteínas, humedad, extractos no nitrogenados y otros componentes. El contenido de humedad de la cascarilla al salir del descascarado oscila entre 5% y 40%. Después de estar expuesta a la intemperie durante épocas no lluviosas, su humedad promedio se sitúa entre 8% y 15%. El contenido de humedad es crucial que este contenido sea inferior al 30% para la mayoría de los procesos de conversión energética (Valverde et al., 2007).

2.2.4. Fibra de coco

La fibra de coco es un subproducto del procesamiento del coco, donde las cáscaras se muelen para extraer las fibras utilizadas en varias industrias. Durante

este proceso, las fibras más largas se separan en diferentes tamaños según su aplicación prevista. El residuo de fibras pequeñas y polvo se utiliza principalmente en agricultura. A partir de las cáscaras de coco, se obtienen la médula de coco y virutas de fibra de coco, que se emplean comúnmente en sustratos de crecimiento. La médula de coco suele mezclarse con turba de sphagnum y otros agregados para producir medios de crecimiento utilizados en la germinación de semillas y otros fines agrícolas (Buechel, 2022).

2.2.4.1. Composición

El contenido de proteína de la fibra de coco es muy bajo, lo que limita su valor como fuente de calorías en la dieta. Sin embargo, el contenido de compuestos no digeribles, representado principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (fibra cruda), constituye el 34.63% (Rincón et al., 2016). La fibra de coco es altamente valorada por su utilidad en diversas aplicaciones industriales y de construcción. Además, tiene potenciales usos en química y tratamiento de aguas, como absorbente (Anirudhan y Unnithan, 2007). También se emplea en la elaboración de medios hidropónicos debido a su riqueza en Potasio (K+) y Cloro (Cl-) (Yahya et al., 1997).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

“Absorbentes”: Los absorbente s son materiales naturales o sintéticos que necesitan ser activados mediante un tratamiento, como el carbono, arcillas, membranas, entre otros (Valladares et al., 2017).

“Compresión”: Compresión es cuando fuerzas opuestas reducen el volumen de un cuerpo, ya sea física o mecánicamente. El esfuerzo de compresión es el resultado de estas tensiones (Pérez y Merino, 2021).

“Residuos Orgánicos”: Son todos aquellos residuos de origen natural que pueden "echarse a perder". Algunos ejemplos son: cáscaras de fruta o verdura, restos de comida, cascarones de huevo, pan, tortillas, filtros para café, bolsitas de té, heces de animales, lácteos (sin recipiente), huesos, semillas, flores, pasto y hojarasca (SEDEMA, 2024).

“Petróleo”: El petróleo es un líquido aceitoso, viscoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos, que, de forma natural, se encuentra en determinadas formaciones geológicas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2011).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque de la investigación

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo, por tal la investigación presento sus resultados de manera numérica como el porcentaje de recuperación, la capacidad de absorción y la composición de los componentes.

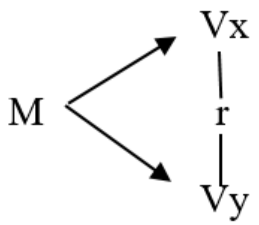
3.1.2. Alcance de la investigación

El presente estudio tiene un alcance descriptivo, ya que se describe y presenta la información y resultados de las pruebas de los materiales como reacciona según el tipo de materia absorbente , el contenedor y el material de absorción en las diferentes condiciones de prueba.

3.1.3. Diseño de la investigación

La presente investigación tiene un diseño experimental, ya que se realizó pruebas a los absorbentes, según el tipo de material, de contención y tipo de hidrocarburos para así obtener los resultados de capacidad de absorción y recuperación según cada uno de estos.

Figura 2 Esquema del diseño de investigación



Donde:

M = Muestra de estudio (Bioabsorbente)

Vx = Análisis de la V1. ((Petróleo y aceite)

Vy = Análisis de la V2. (Absorción y recuperación)

r = resultado de la aplicación o tratamiento

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población es de tipo experimental, por tal se consideró al petróleo y aceite residual de motores como la población de estudio.

3.2.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilística, en base a los tratamientos experimentales que comprende los factores, del tipo hidrocarburo, el tipo de bio absorbente , la malla de contención, el cual nos da una factorial de 2 x 3 x 3, con cuatro repeticiones para cada experimento, siendo un total de 56 muestras, en la cual se utilizara 150 ml. de hidrocarburo para cada experimento dando un total de 8400 ml de petróleo y 8400 ml de aceite de residual de motor.

Tabla 1 Matriz de diseño maestral.

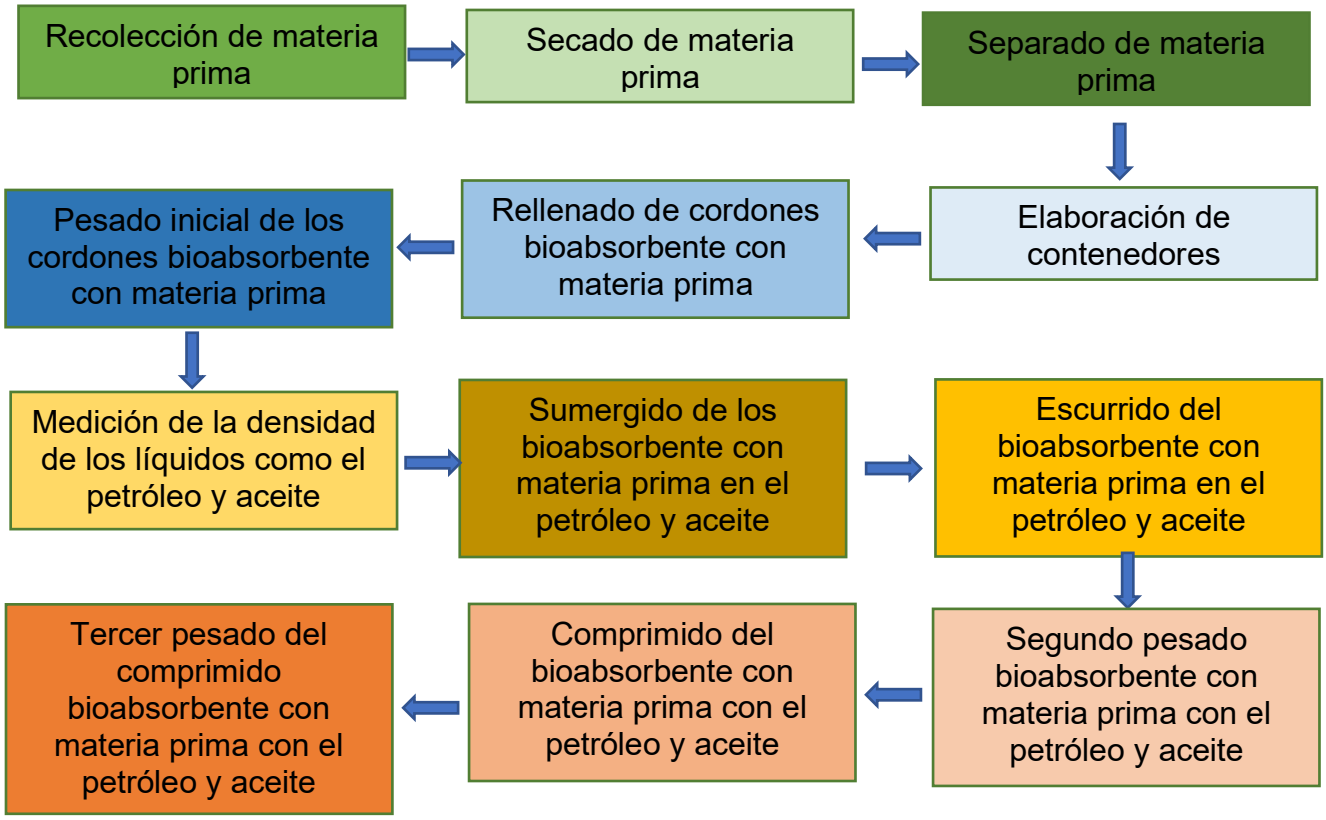
Tipo hidrocarburo	Bio absorbente	Malla de contención	Repeticiones
Petróleo ligero	Cascarilla de arroz	Yute	
		Tul	
		Tela	
	Testigo	Microfibra M3	
Aceite residual de motor	Escobajo de palma	Yute	
		Tul	
		Tela	
	Testigo	Microfibra M3	

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. Técnicas

Figura 1

Flujograma de técnicas y procesos de desarrollo



3.3.1.1. Preparado de los bio absorbente s

Adaptado de Méndez et al. (2012): donde menciona los procesos adecuados para el tratamiento y elaboración de los bioabsorbente , iniciando por su recolección, procesado, secado en un horno a 80°C y armado en tamaños adecuados y uniformes para el proceso de evaluación. Siguiendo la metodología, se recolecto la materia prima de la cascarilla de arroz de los residuos generados de la empresa Pilladora Agroindustria Molinera Landarbar y escobajo de coco de los puestos de

venta informales del mercado minorista. Los materiales fueron previamente procesados, secados a 80°C por 24 horas, se procedió a deshilachar el escobajo de coco y separar la cascarilla de arroz. Se confecciono los contenedores de bioabsorbente con diferentes telas, como tocuyo, tela simple y tul fino.

3.3.1.2. Procedimiento experimental de absorción

La metodología se llevó a cabo, mediante la aplicación de la normativa estandarizada internacional ASTM F726-12 para pruebas de absorción de corta duración (ASTM, 2012).

Para determinar la capacidad de adsorción de hidrocarburos, se calcula aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Absorción\ hidrocarburo = SS/S0$$

Donde:

$S0$ es la masa inicial del absorbente seco en (g)

SS es la cantidad neta de hidrocarburo retenido en (g)

3.3.1.3. Procedimiento experimental de recuperación por compresión

La técnica del prensado se usa para obtener los aceites de cortezas o materiales duros, nuestro caso el absorbente s que contiene el petróleo o aceite residual de motor. Las prensas pueden ser hidráulicas o discontinuas y continuas. Filtro prensa. Es una máquina herramienta que pertenece al grupo de aparatos de movimiento rectilíneo alternativo, tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar un determinado material mediante la aplicación de una carga. Son conocidas desde la antigüedad, empleadas prácticamente en todas las

industrias, y utilizadas para actuar sobre distintos materiales ya sea en frio o en caliente, en cualquier operación que se requiera una fuerte presión, por ejemplo: embalar, forjar, extruir, estampar, laminar, estirar, etc. (Méndez, 2012).

Se colocó el material bio absorbente en un molde hembra con un preforma cóncava con un sistema en la base de expulsión de fluidos, donde un molde macho comprimirá el bio absorbente mediante un sistema de prensado para que libere la mayor cantidad de líquidos contenidos en este.

3.4. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la recolección de datos se aplicó una ficha, que recopilo información básica del experimento y resultados, como el código de muestra, tipo de hidrocarburo a absorber, tipo de absorbente, cobertura del absorbente, peso inicial del absorbente, peso de absorción final, peso de matraz contenedor, peso del absorbente comprimido, esta ficha aplicada para prueba experimental.

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS.

Los datos se procesaron estadísticamente mediante el programa MINITAB 19, se llevó a cabo el análisis de la prueba estadística mediante el análisis de varianza (ANOVA), este método sirve para comparar las medias de las mediciones de los tratamientos que permitió evaluar las medias y contraste con el método Tukey donde se comparó las medias de cada pareja. Se trabajó a un nivel de confianza de un 95% aceptando la hipótesis < 0.05 de significancia y se rechaza > 0.05.

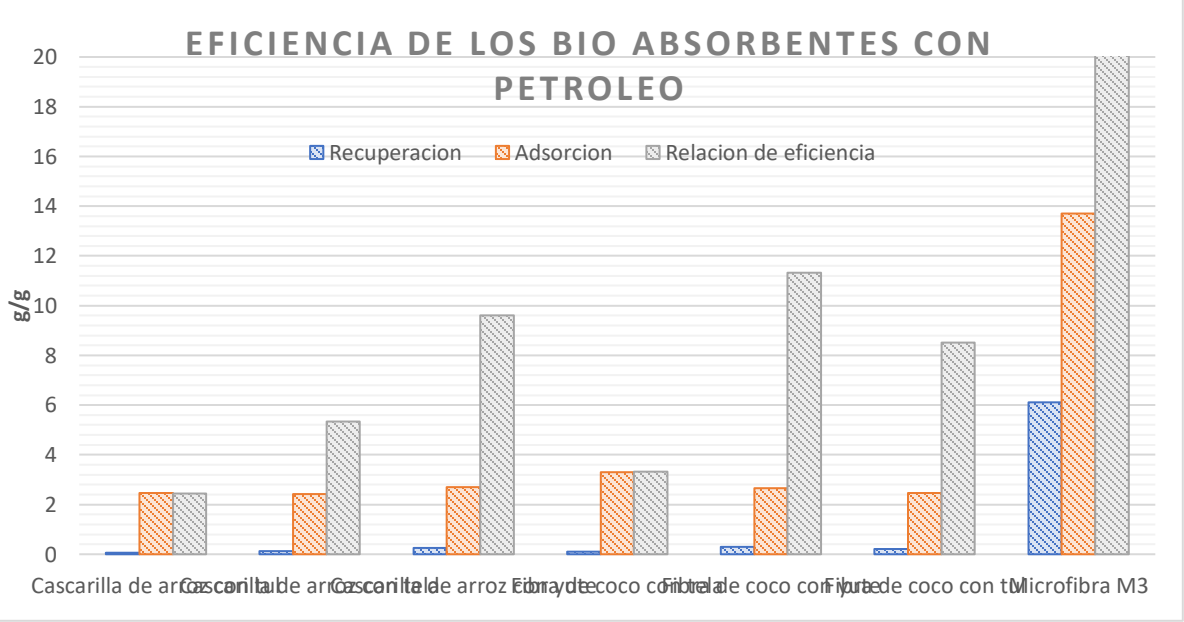
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales

Figura 2

Evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de petróleo recuperable en aguas superficiales



* Los datos de relación de eficiencia fueron multiplicados por un factor de 100 para poder ser visualizados en la figura.

En la figura 2, observamos la evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de petróleo recuperable en aguas superficiales, donde se evalúa la relación entre la capacidad de absorción y recuperación del petróleo de los bioabsorbente , el de mayor eficiencia tenemos al absorbente de Microfibra M3 con una relación de 0.44

g(Rec.) /g (Abs.), entre los bio absorbente s el de mayor relación de eficiencia fie Fibra de coco con yute un 0.11 g(Rec.) /g (Abs.), seguido por la Cascarilla de arroz con yute un 0.096 g(Rec.) /g (Abs.), el Fibra de coco con tul un 0.085 g(Rec.) /g (Abs.), la Cascarilla de arroz con tela con 0.053 g(Rec.) /g (Abs.), el fibra de coco con tela con 0.033 g(Rec.) /g (Abs.) y el de menor eficiencia a la Cascarilla de arroz con tul con 0.024 g(Rec.) /g (Abs.). La cascarilla de arroz en promedio tiene una eficiencia de 0.058 g(Rec.) /g (Abs.) y la fibra de coco tiene una eficiencia promedio de 0.077 g(Rec.) /g (Abs.).

Tabla 2

Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de petróleo según tipo de bioabsorbente

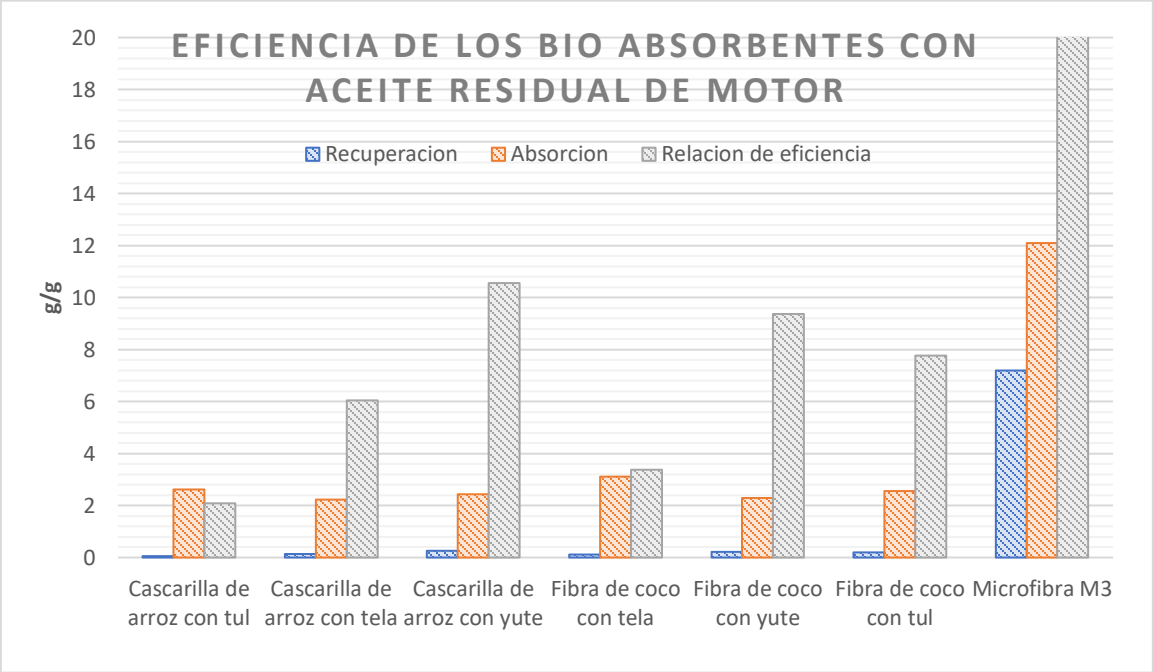
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Absorbente	6	1.21483	0.202471	443.37	0.000
Error	28	0.01279	0.000457		
Total	34	1.22761			

En la tabla 1, se aprecia el Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de petróleo según tipo de bioabsorbente , se observa que los valores de relación de eficiencia del análisis de varianza presentan un valor p de 0.000 que es menor a 0.05, aceptando la hipótesis alterna que si existe una diferencia estadística significativa entre las medias y no todas las medias son iguales. Se utilizó el análisis de comparación de parejas de Tukey para conocer si las medias de cada tratamiento si son similares individualmente, en la agrupación A se encuentra solo el absorbente de Microfibra M3 siendo diferente de los demás absorbente s, en la agrupación B se encuentran el absorbente de cascarilla de arroz

con yute, fibra de coco con yute y tul, presentándose los grupos C y D con menor eficiencia.

Figura 3

Evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de aceite residual de motor recuperable en aguas superficiales



En la figura 3, observamos la evaluación de la eficiencia de la cascarilla de arroz y fibra de coco como bio absorbente s en emergencias de derrames de aceite residual de motor recuperable en aguas superficiales, donde se evalúa la relación entre la capacidad de absorción y recuperación del petróleo de los bioabsorbente , el de mayor eficiencia tenemos al absorbente de Microfibra M3 con una relación de 0.59 g(Rec.) /g (Abs.), entre los bio absorbente s el de mayor relación de eficiencia el Cascarilla de arroz con yute un 0.104 g(Rec.) /g (Abs.), seguido por el Fibra de

coco con yute un 0.094 g(Rec.) /g (Abs.), el Fibra de coco con tul un 0.078 g(Rec.) /g (Abs.), la Cascarilla de arroz con tela un 0.059 g(Rec.) /g (Abs.), el Fibra de coco con tela un 0.034 g(Rec.) /g (Abs.) y el de menor eficiencia a la Cascarilla de arroz con tul un 0.021 g(Rec.) /g (Abs.).

Tabla 3

Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de aceites residuales de motor según tipo de bioabsorbente

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Absorbente	6	0.64200	0.107001	231.45	0.000
Error	28	0.01294	0.000462		
Total	34	0.65495			

En la tabla 2, se aprecia el Análisis de Varianza de la relación de eficiencia de absorción de aceites residuales de motor según tipo de bioabsorbente , se observa que los valores de relación de eficiencia del análisis de varianza presentan un valor p de 0.000 que es menor a 0.05, aceptando la hipótesis alterna que si existe una diferencia estadística significativa entre las medias y no todas las medias son iguales. Se utilizó el análisis de comparación de parejas de Tukey para conocer si las medias de cada tratamiento si son similares individualmente, en la agrupación A se encuentra solo el absorbente de Microfibra M3 siendo diferente de los demás absorbente s, en la agrupación B se encuentran el absorbente de fibra de coco con yute, cascarilla de arroz con yute y fibra de coco con tul, presentándose los grupos C y D con menor eficiencia.

4.2. Características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco como absorción

Tabla 4

Características Físico Químicas de la Cascara de Arroz y la Fibra de Coco

Parámetro	Cascara de arroz	Fibra de coco
% Humedad	6.5	7.9
% Ceniza	18.1	5.5
% Celulosa	34.6	36.8
% Carbono Fijo	13.1	16.3
% lignina	18.9	21.3
% hemicelulosa	44.2	19.6
% Material volátil	64.6	71.8
% C*	40.1	45.6
% H*	4.33	7.6
% O*	31.6	43.1
% N*	0.43	0.19
% S*	0.01	0.03

* A partir de la materia seca (Ver anexo 4)

En la tabla 3, se aprecia las Características Físico Químicas de la Cascara de Arroz y la Fibra de Coco, podemos observar respectivamente la composición de la cascara de arroz y la fibra de coco, tienen una humedad 6.5% y 7.8%, el contenido de ceniza es de 18.1% y 5.5%, el contenido de celulosa es de 34.6% y 36.8%, el carbono fijo de 13.1% y 16.3%, la lignina 18.9% y 21.3%, la hemicelulosa 44.2% y 19.6%, el material volátil de 64.6% y 71.8%, el contenido específico de elementos es en Carbono de 40.1% y 45.6%, Hidrogeno 4.33% y 7.6%, de Oxigeno 31.6% y 43.1%, Nitrógeno de 0.43% y 0.19% y Azufre del 0.01% y 0.03%. Se puede observar que el contenido de celulosa es mayor en la fibra de coco, de igual manera en lignina y el material volátil, pero el contenido de hemicelulosa es mayor para la cascara de arroz.

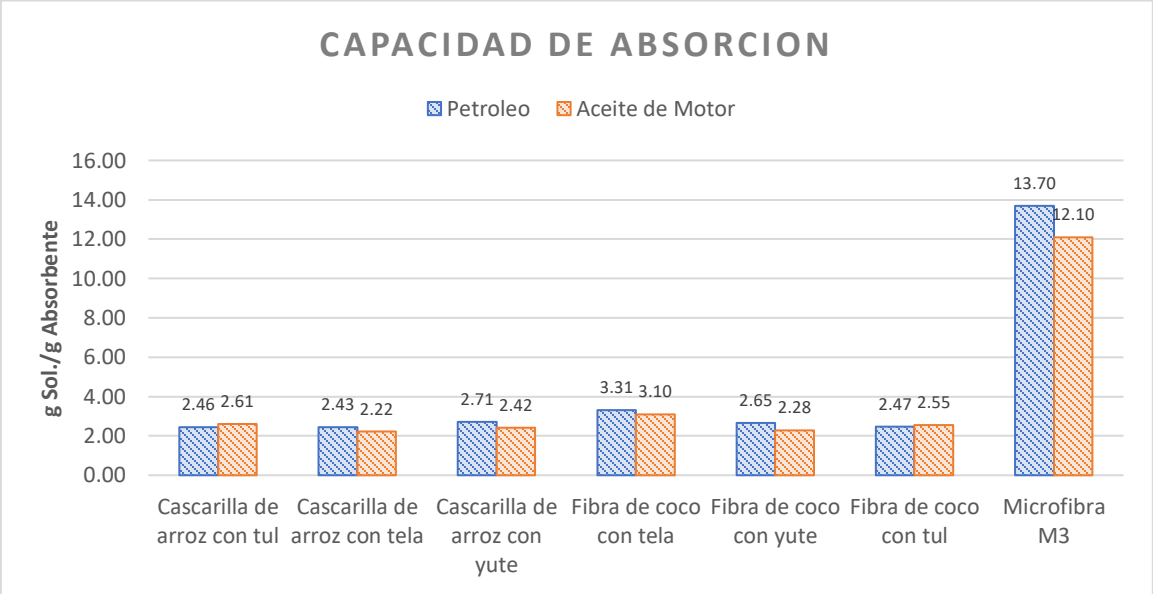
La importancia que radica en conocer la composición del material de bioabsorbente es que estos pueden influir positivamente en la capacidad de absorción del petróleo o aceite de motor, como menciona Turrado et al. (2008), la α-celulosa y hemicelulosas, tienen a lo largo de la macromolécula a intervalos regulares numerosos grupos -OH (hidroxilos) de gran afinidad con el agua, ésta se une a ellos por valencias polares y por puentes de hidrógeno. La asociación entre los grupos -OH y el agua es tan fuerte (absorción). Esta celulosa de la fibra naturales tiene algunas características que son de vital importancia, la lignina y hemicelulosa el cual retiene la mayor cantidad de agua (Pinos y Braulio, 2019).

Otros estudios sobre la composición de la fibra de coco y cascarilla de arroz, como el de Torres (2018), quien estudio la cascarilla de arroz en su composición química que contiene que 18.53% de ceniza, 2.72% de extractivos, 26.1% de lignina, 4.16% de hemicelulosa y 45.84% de celulosa. En cuanto a sus características físicas se encontró que tiene una humedad del 7.91%. El estudio de (Wu et al., 2018), indica que la cascarilla de arroz tiene un contenido de lignina del 35.3%. Por otro lado, comparando la composición fisicoquímica de la fibra de coco, en el estudio de (Mishra y Basu, 2020), indica que tiene un contenido de lignina del 305 al 45% y un contenido de cenizas del 1.8%. El estudio de Soares et al. (2023), indica que los resultados revelaron que la fibra de coco tiene una composición química, con contenidos de 28,53% de lignina, 32,34% de hemicelulosa y 37,97% de celulosa. Espinoza et al. (2022), menciona que la fibra de coco tiene un contenido de celulosa del 27.51%, cenizas del 0.5%, Hemicelulosa del 10.37% y lignina del 51.8%.

4.3. Capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco

Figura 4

Capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco



En la figura 4, observamos la Capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco, la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor respectivamente, la cascarilla de arroz con yute es de 2.71 g/g y 2.42 g/g , seguido por la cascarilla de arroz con tul de 2.46 g/g y 2.46 g/g y por último el de menor capacidad la cascarilla de arroz con tela de 2.43 g/g y 2.22 g/g; la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor respectivamente, la fibra de coco con tela de 3.31 g/g y 3.10 g/g, para la fibra de coco con yute de 2.65 g/g y 2.28 g/g y la fibra de coco con tul de 2.47 g/g y 2.55 g/g, por ultimo comparado con un absorbente comercial que es la microfibra M3 tiene una capacidad de

absorción de 13.7 g/g y 12.1 g/g, siendo superior en más del 400% a los bio absorbente s evaluados.

Es de gran relevancia definir la capacidad de absorción de la fibra de coco y la cascarilla de arroz, ya que son comúnmente desechos de actividades agrícolas, ya que en el 2019 se reportó 1.9 millones de toneladas de arroz pilado y su equivalente de 3.2 millones como arroz con cascara (MINAGRI, 2020), así solo en el 2020 se produjeron 61 millones de toneladas de coco siendo Indonesia la mayor productora a nivel mundial (Olmo, 2023). Estudios menciona que la tasa de absorción de agua aumenta con el incremento del porcentaje de fibra en el coco (Tutur y Noor, 2020).

Estudios similares, donde se usa materiales orgánicos o bio absorbente s, nos presentan resultados comparativos, como el de Huaman y Palomino (2023), utilizaron las plumas de pollo como bioabsorbente para diésel, siendo el bioabsorbente activado con ácido acético el que presento mejores resultados, con una capacidad de absorción de 10.796 g de diésel/g de bioabsorbente . Así mismo Espino (2018), obtuvo una absorción de petróleo con la pluma de pollo de 3.22 g/g absorbente y de 4.78 g /g absorbente de cabello. El estudio de Huaracha (2018), donde utilizo a la hoja de la gramínea *Bracharia* como bioabsorbente de petróleo, obteniéndose el mejor rendimiento con 7,8 g petróleo/g bioabsorbente . Granados (2020), obtuvo resultados de absorción de aceite residual con la cascarilla de arroz de 4.7g/g de absorbente y 9.9g/g de absorbente. El estudio de de Sousa et al. (2022), utilizaron la fibra del coco como bioabsorbente para diésel con una particularidad, esta fue procesada mediante un secado y tamizado en

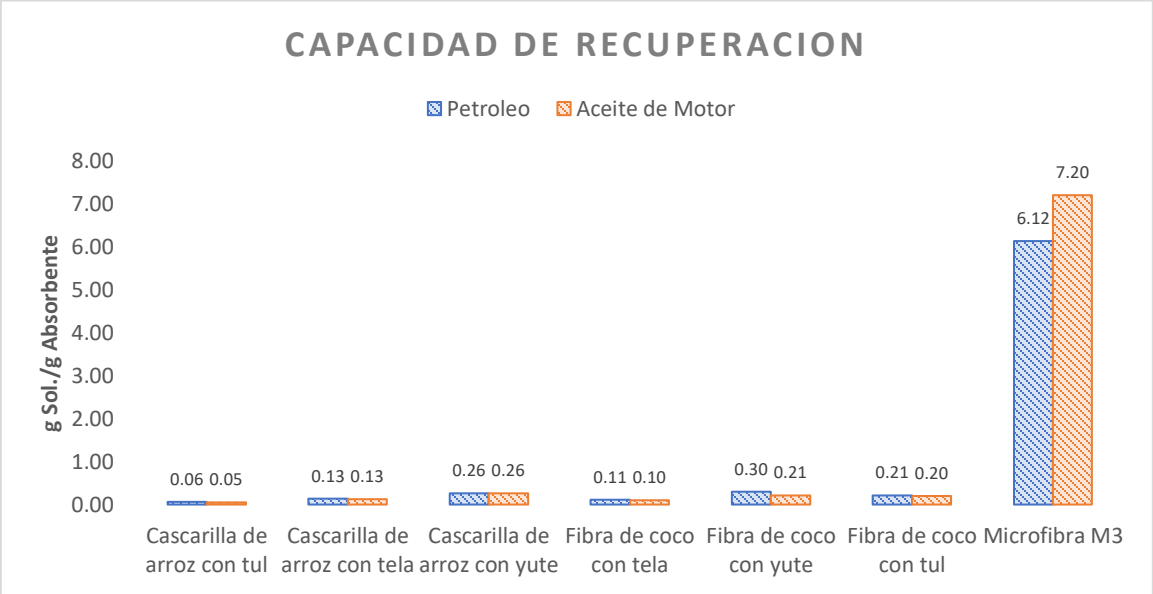
granulometrías de 125 a 250 um, el cual alcanzo una absorción de 0.67g diésel/ g absorbente.

Como otra alternativa de bioabsorbente Schirmer y otro (2022), como el uso de cascarilla de soja, que tuvo una capacidad de absorción 6.78 g/g de absorbente. El estudio de (Granda Solano, 2019), que utilizo el pseudotallo del plátano, obteniendo una capacidad de absorción de hidrocarburos de 8.91 g/g de absorbente. La fibra tiene de banana tiene una capacidad de retención del agua del 31,38% al 43,97% (Pinos y Braulio, 2019).

4.4. Capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco

Figura 5

Capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco



En la figura 5, observamos la Capacidad de recuperación por compresión de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco, la capacidad de recuperación por compresión de petróleo y aceite de motor respectivamente, la cascarilla de arroz con yute es de 0.26 g/g y 0.26 g/g , seguido por la cascarilla de arroz con tela de 0.13 g/g y 0.13 g/g y por último el de menor capacidad la cascarilla de arroz con tul de 0.06 g/g y 0.05 g/g; la capacidad de recuperación por compresión de petróleo y aceite de motor respectivamente, la fibra de coco con yute de 0.3 g/g y 0.21 g/g, para la fibra de coco con tul de 0.21 g/g y 0.20 g/g y la fibra de coco con tela de 0.11 g/g y 0.10 g/g, por ultimo comparado con un absorbente comercial que

es la microfibra M3 tiene una capacidad de absorción de 6.12 g/g y 7.20 g/g, siendo superior en más de 30 veces a los bio absorbente s evaluado.

El estudio de Sun et al. (2021), menciona que las capacidades máximas de sorción de PPCA@PFTS, el aceite de soja fue absorbido a una tasa de aproximadamente 5,8 g/g por PPCA@PFTS, que demostró buena durabilidad con efectividad sostenida durante hasta 30 ciclos de regeneración evaluados. Además, el aceite absorbido puede ser recuperado rápidamente. Según Hammouda et al. (2021), la combinación de propiedades hidrofóbicas y magnéticas mediante la inclusión de nanopartículas de óxido de hierro proporciona una alta reutilización y funcionalidad, facilitando la operación y la separación de los sorbentes a base de celulosa. Esto representa un nuevo enfoque prometedor para abordar los derrames de petróleo y los desafíos asociados a la contaminación. Además, su reutilización después de la absorción de petróleo constituye un paso adicional hacia la sostenibilidad. Así mismo Talukdar et al. (2019), experimento con las láminas de grafito que absorben selectivamente el petróleo crudo con un aumento del espesor de hasta 9 veces y de la masa 4,5 veces mayor que el prístino sistema nano compuesto. Así mismo Songsaeng et al. (2019), evaluado el uso de materiales compuestos de caucho natural/óxido de grafeno, donde el nanocompuesto se puede reciclar y reutilizar aún más de manera ecológica para la absorción y recuperación de petróleo. la espuma compuesta NRG-0.5 mejoró no sólo la capacidad de absorción de aceite sino también la reutilización del material absorbent, lo que resultó en un material reutilizable y de alto rendimiento con una eficiencia de eliminación de aceite superior al 70% después de 30 usos.

Li et al. (2019), exploraron el uso de la esponja, que tuvo una alta capacidad de absorción de aceite y una sólida reciclabilidad para la separación de aceite/agua, la esponja pudo eliminar eficientemente hasta 100 ml de queroseno en 25 s bajo un vacío de 30 kPa. El proceso de fabricación simple y su durabilidad favorable hacen de la esponja un candidato prometedor para su uso en la limpieza de fugas de petróleo marino a gran escala. Liu y Wang (2019), utilizo papel reciclado para absorber el petróleo como alternativa para derrames, obteniendo hasta el 92,8% del aceite de los absorbente s podría reciclarse y recogerse fácilmente mediante exprimido manual. El absorbente pudo reutilizarse durante ocho ciclos y la capacidad de sorción permaneció constante.

Como podemos observar en el caso de estudio de esta investigación la recuperación está en un factor masa del petróleo o aceite de motor contra la masa del absorbente , obteniendo un valor promedio de 0.17 g / gr. bioabsorbente , con un promedio de recuperación de 7.2% y la prueba con el absorbente comercial de microfibra 3M se obtuvo una capacidad de recuperación alrededor del 58,2%, en algunos de los casos de discusión obtuvieron del 70% en materiales compuestos de caucho natural/óxido de grafeno y el 92,8% en el papel reciclado tratado, evidentemente el uso de absorbente químicamente tratados, con mesclas especiales genera una mayor eficiencia, dejando desde un punto de vista a los bioabsorbente de fibra de coco y cascarilla de arroz como absorbente s no viable comprado con estos, pero si evaluamos los costos, facilidad y accesibilidad de estos estaríamos frente a una alternativa sustentables, además de estar compuesto por materiales residuales y biodegradables.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La cascarilla de arroz presenta una eficiencia promedio de 0.058 g (recuperación) / g (absorción), mientras que la fibra de coco muestra una eficiencia promedio de 0.077 g (recuperación) / g (absorción) como bioabsorbente en situaciones de emergencia por derrames de petróleo y aceites residuales de motor. Estos valores indican que ambos materiales tienen un buen potencial para ser utilizados como absorbente s en la remediación de contaminantes en aguas superficiales.
- Las características físico químicas de la cascarilla de arroz y la fibra de coco utilizada como bioabsorbente son, el contenido de ceniza fue de 18.1% para la cascarilla de arroz y 5.5% para la fibra de coco. La celulosa se encontró en un 34.6% en la cascarilla de arroz y 36.8% en la fibra de coco. Además, se observó un contenido significativo de material volátil, 64.6% en la cascarilla de arroz y 71.8% en la fibra de coco, lo que refleja la capacidad de estos materiales para absorber aceites y derivados del petróleo. También se destacaron valores de carbono fijo de 13.1% y 16.3%, respectivamente, así como la presencia de hemicelulosa, lignina, y elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, en cantidades que contribuyen a la capacidad de absorción de los materiales.
- Los valores obtenidos fueron los siguientes: para la cascarilla de arroz con yute, la capacidad de absorción fue de 2.71 g/g (petróleo) y 2.42 g/g (aceite de

motor); para la cascarilla de arroz con tul, de 2.46 g/g (petróleo) y 2.46 g/g (aceite de motor); y para la cascarilla de arroz con tela, de 2.43 g/g (petróleo) y 2.22 g/g (aceite de motor). En cuanto a la fibra de coco, con tela presentó 3.31 g/g (petróleo) y 3.10 g/g (aceite de motor); con yute, 2.65 g/g (petróleo) y 2.28 g/g (aceite de motor); y con tul, 2.47 g/g (petróleo) y 2.55 g/g (aceite de motor). Estos resultados evidencian que la fibra de coco tiene una mayor capacidad de absorción en comparación con la cascarilla de arroz, especialmente cuando se combina con telas y tejidos adecuados.

- La capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido también varió según el material utilizado. Los valores obtenidos fueron los siguientes: para la cascarilla de arroz con yute, la recuperación fue de 0.26 g/g (petróleo) y 0.26 g/g (aceite de motor); con tela, de 0.13 g/g (petróleo) y 0.13 g/g (aceite de motor); y con tul, de 0.06 g/g (petróleo) y 0.05 g/g (aceite de motor). En el caso de la fibra de coco, con yute la recuperación fue de 0.30 g/g (petróleo) y 0.21 g/g (aceite de motor); con tul, de 0.21 g/g (petróleo) y 0.20 g/g (aceite de motor); y con tela, de 0.11 g/g (petróleo) y 0.10 g/g (aceite de motor). Estos resultados sugieren que, aunque la capacidad de absorción de la fibra de coco es superior, su capacidad de recuperación varió dependiendo del tipo de material con el que se combinó, siendo el yute el que presentó mejores resultados de recuperación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda priorizar el uso de la fibra de coco como bioabsorbente en situaciones de emergencia por derrames de petróleo y aceites residuales de motor. En particular, su combinación con tela o yute mostró los mejores resultados. Se sugiere explorar más combinaciones de estos materiales con diferentes tejidos para mejorar aún más su eficiencia en diversas condiciones.
- Se recomienda investigar métodos adicionales para mejorar la eficiencia de la recuperación, como el desarrollo de técnicas de compresión más avanzadas o el tratamiento de los materiales para mejorar su resistencia a la deformación. Esto permitirá una recuperación más eficaz del petróleo y aceites absorbidos, reduciendo la necesidad de usar grandes cantidades de material para cada derrame.
- Se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre cómo las modificaciones en su composición (por ejemplo, tratamiento térmico, alcalino o ácido) podrían mejorar sus características de absorción y recuperación. La cascarilla de arroz, en particular, muestra un contenido de ceniza relativamente alto, lo que puede influir en su capacidad de absorción. Las modificaciones pueden permitir una mayor eficiencia de absorción de aceites y derivados del petróleo.
- Se recomienda la colaboración con instituciones gubernamentales o empresas dedicadas a la protección del medio ambiente para realizar pruebas piloto y evaluar la efectividad de estos materiales en condiciones reales de derrames.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS

ASTM. (2012). *ASTM F726-12 - Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents* (11 ed.). ASTM International. Obtenido de https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6346

ATSDR. (06 de Mayo de 2016). *https://www.atsdr.cdc.gov/*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html

Buechel, T. (15 de 09 de 2022). *PROMIX*. Obtenido de https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/

Cárdenas Murillo, L. (2017). *Estudio de la capacidad de adsorción de materiales orgánicos para la remoción de aceites y combustibles presentes en aguas.* Quito: Universidad San Francisco de Quito. Obtenido de https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6346/1/130899.pdf

Chikizurita. (4 de Mayo de 2015). *fisicoquimica1.wordpress.com*. Obtenido de https://fisicoquimica1.wordpress.com/tipos-de-adsorcion/

Chur, P. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4536/UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_WENDY-GRANADOS-ORTEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cosio, E. (16 de Febrero de 2016). *https://puntoedu.pucp.edu.pe/*. Obtenido de https://puntoedu.pucp.edu.pe/voces-pucp/los-derrames-de-petroleo-son-toxicos-para-la-mayoria-de-seres-vivos/

Davila Bernal, S. M., & Estrada Montero, J. C. (2020). *Musgo Sphagnum magellanicum para tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburos totales de petróleo a nivel de laboratorio, 2020.* Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/49603

de Sousa, L., Alexander Villa-Vélez, H., & Coelho Leite, P. (2022). Cinética de adsorción de diésel por bioabsorbente s de fibra in natura de coco (cocus nucifera). *ION, 35*(1), 117-131. Obtenido de https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/13157

ECOPETROL. (1999). *Los derrames de hidrocarburos y su manejo, un resumen.* Asuntos Ambientales, Vicepresidencia de refinacion y transporte, division tecnica. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n2/v26n2a03.pdf

Elera Flores, J. E. (2021). *Adsorción de hidrocarburos líquidos de petróleo en agua mediante bagazo de caña de azúcar en su forma natural y modificado.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17946

Espino Mejía, A. (2018). *Uso de absorbente s naturales (cabello humano y plumas de pollo) para reducir el petroleo en cuerpos de agua sintetica, 2018.* Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32858

Gobierno de Canarias. (2005). *Manuales operativos documento nº 6. Uso de absorbente s.* Canarias: Consejería de medio ambiente y ordenamiento. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4536/UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_WENDY-GRANADOS-ORTEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Granados Ortega, W. (2020). *Determinación de la capacidad de adsorción de aceite residual y diésel de tres residuos orgánicos generados en la zona de Pucallpa –Uucayali, Perú.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4536/UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_WENDY-GRANADOS-ORTEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Granda Solano, M. (2019). *Bioadsorción de hidrocarburos de agua contaminada utilizando el pseudotallo del plátano Dominico harton y su aprovechamiento integral como sustrato para cultivo de Pleurotus sp.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10801

Guevara, M. (1995). *Caracterización y evaluación de la cascarilla de arroz como combustible.* Colombia-Bogotá. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4536/UNU_AMBIENTAL_2020_TESIS_WENDY-GRANADOS-ORTEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hammoudaa, S., Chen, Z., An, C., & Lee, K. (2021). Recent advances in developing cellulosic sorbent materials for oil spill cleanup: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production, 311*, 127630. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621018485?via%3Dihub

Huaman Sencca, V., & Palomino Mendoza, M. (2023). *Evaluación de la capacidad de adsorción de diésel b5 s-50 mediante el uso del bioabsorbente obtenido a partir de plumas de pollo.* Cusco: Universidad Andina del Cusco. Obtenido de https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/5867

Huaracha Vilchez, M. E. (2018). *Evaluación de la capacidad absorbente de petróleo crudo (24 °API) de las hojas de la gramínea Brachiara decumbens como alternativa para afrontar el riesgo ambiental latente en el Oleoducto Norperuano.* Ucayali, Perú: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4102

Húmpola, P. (2013). *"Estudio de la adsorción de compuestos biorrefractarios en soluciones acuosas".* Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/604/Tesis.pdf

ICP. (2022). *Los derrames de petrÛleo en ecosistemas tropicales.* Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n2/v26n2a03.pdf

ITOPF. (2006). *Oil Tanker SIPI Statistic.* The International Tanker Owners Pollution. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v26n2/v26n2a03.pdf

Li, M., Yin, X., & Li, J. (2019). Robust superhydrophobic/superoleophilic sponge for efficient removal of oils from corrosive aqueous solutions. *Journal of Adhesion Science and Technology, 33*(13), 1426-1437. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01694243.2019.1599573

Liu, J., & Wang, X. (2019). A new method to prepare oil adsorbent utilizing waste paper and its application for oil spill clean-ups. *BioRes, 14*(2), 3886-3898. Obtenido de https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/a-new-method-to-prepare-oil-adsorbent-utilizing-waste-paper-and-its-application-for-oil-spill-clean-ups/

Martínez Altamirano, M. (2013). *Remediación de agua contaminada con petróleo utilizando pennisetum clandestinum como bioabsorbente .* Quito: Universadad Central de Ecuador. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1989

Méndez Tovar , M., Machado Soberanes, J., & Guerra Sanchez, R. (2012). Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de hidrocarburos sobre cinco materiales absorbente s tipo II utilizando un método estandarizado internacional. *Tecnología, Ciencia, Educación, 27*(2), 94-100. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/482/48230177006.pdf

MINAGRI. (2020). *Perú: produción, importaciones y precios del arroz.* Lima: Ministeri de Agricultura y Riego. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa_arroz_02.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2011). *www.miteco.gob.es*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/energia/hidrocarburos-nuevos-combustibles/petroleo.html#:~:text=El%20petr%C3%B3leo%20es%20un%20l%C3%ADquido,encuentra%20en%20determinadas%20formaciones%20geol%C3%B3gicas.

Mishra, L., & Basu, G. (2020). Coconut fibre: its structure, properties and applications. *Handbook of Natural Fibres , 1*, 231-255. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128183984000104

Muguira, A. (2024). *https://www.questionpro.com*. (questionpro, Editor) Obtenido de https://www.questionpro.com/blog/es/diseno-de-investigacion/#:~:text=Dise%C3%B1o%20de%20Investigaci%C3%B3n%20experimental%3A%20El,independiente%20sobre%20la%20variable%20dependiente.

Olmo, A. (14 de Diciembre de 2023). *https://blogagricultura.com*. Obtenido de https://blogagricultura.com/estadisticas-coco-produccion/

Pérez Porto, J., & Gardey, A. (14 de Julio de 2015). */definicion.de*. Obtenido de https://definicion.de/adsorcion/

Pérez Porto, J., & Merino, M. (19 de Agosto de 2021). *https://definicion.de*. Obtenido de https://definicion.de/compresion/

Pinos, A., & Braulio, J. (2019). Modificación de la celulosa obtenida de la fibra de banano para el uso de polímeros biodegradables. *AFINIDAD, 585*, 45-51. Obtenido de https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/353398/444014

Rincón Reyna, J., Rincón Reyna, P., Torres Maravilla, E., Mondragón Rojas, A., Sánchez Pardo, M., Arana Cuenca, A., Jiménez García, E. (2016). Caracterización fisicoquimica y funcional de la fibra de mesocarpio de coco (Cocos nucifera L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1*(2), 279-284. Obtenido de http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/49.pdf

Rivas Trasancos, L., Navarro Sosa, Y., Romero Silva, R., Díaz Díaz, M., Fernández Rangel, D., Cañete Pérez, C., Hernández Hernández, D. (2020). Evaluación en campo de material absorbente para recogida de hidrocarburos del petróleo en agua. *CENIC Ciencias Químicas*, 18-34. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/1816/181671905002/html/

Schirmer, M., Bertoni, F., & Giordano, E. (2022). Removal of textile dyes by modified soybean hulls. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 5*(4), 4361-4362. Obtenido de https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/55611

SEDEMA. (2024). *http://data.sedema.cdmx*. (D. E. Ambiental, Editor) Obtenido de http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/organicos.html#:~:text=Son%20tod

os%20aquellos%20residuos%20de,%2C%20flores%2C%20pasto%20y%20hojarasca.

Soares Chaves, Y., Mendonça da Silveira, P., Neves Monteiro, S., & Cassiano Nascimento, L. (2023). Babassu Coconut Fibers: Investigation of Chemical and Surface Properties (Attalea speciosa.). *Polymers, 15*(19), 3863. Obtenido de https://www.mdpi.com/2073-4360/15/19/3863

Songsaeng, S., Thamyongkit, P., & Poompradub, S. (2019). Natural rubber/reduced-graphene oxide composite materials: Morphological and oil adsorption properties for treatment of oil spills. *Journal of Adavanced Research, 20*, 79-89. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123219301171?via%3Dihub

Sun, L., Jiang, Z., Yuan, B., Zhib, S., Zhang, Y., Li, J., & Wu, A. (2021). ltralight and superhydrophobic perfluorooctyltrimethoxysilane modified biomass carbonaceous aerogel for oil-spill remediation. *Chemical Engineering Research and Design, 174*, 71-78. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263876221003129?via%3Dihub

Talukdar, M., Behera, S., Bhattacharya, K., & Deb, P. (2019). Surface modified mesoporous g-C3N4@FeNi3 as prompt and proficient magnetic adsorbent for crude oil recovery. *Applied Surface Science, 473*, 275-281. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433218335037

Torres Giraldo, D. (2018). *Caracterización de la cascarilla de arroz y extracción de celulosa.* Bogota: Universidad de los Andes. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/df82036e-82da-47e3-9479-bc4e2a4a0cc0

Turrado, J., Saucedo, A., Ramos , J., & Reynoso, M. (2008). Comportamiento de la Fibra de Celulosa Reciclada en el Proceso de Hidratación. *Información tecnológica*, 129-136. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000500014

Tutur, N., & Noor, R. (2020). The potential of rice husk ash (Rha) and coconut fiber (Cf) as partial replacement of cement. *AIP Conf. Proc. Advances in Civil Engineering and Science Technology, 020061*, 1-6. Obtenido de https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2020/1/020061/791798/The-potential-of-rice-husk-ash-Rha-and-coconut

Valladares-Cisneros, M., Valerio Cárdenas, C., de la Cruz Burelo, P., & Melgoza Alemán, R. (2017). Absorbente s no-convencionales, alternativas sustentables. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 16*(31), 55-73. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n31/1692-3324-rium-16-31-00055.pdf

Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica*

Año XIII, 255-260. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4784298.pdf

Wu, J., Elliston, A., Gall, G., Colquhoun, I., Collins, S., Madera, I., . . . Waldron, K. (2018). Optimising conditions for bioethanol production from rice husk and rice straw: effects of pre-treatment on liquor composition and fermentation inhibitors. *Biotechnology for Biofuels, 11*, 1-13. Obtenido de https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-018-1062-7#citeas

Yahya, A., Safie, H., & Kahar, S. (1997). Properties of cocopeat-based growing media and their effects on two annual ornamentals. *Journal of Tropical and Agriculture Food Science, 25*, 151-157. Obtenido de http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/49.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Panel Fotografico

Anexo 3: Analisis Estadisticos

Anexo 4: Certificado de Analisis

Anexo 5: Certificado de acreditacion de laboratorio

Anexo 6: Matriz de datos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Uso de la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales, Ucayali 2023.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Parámetros	Indicador
General	General	General				
¿La cascara de arroz y la fibra de coco puede ser usado como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor en aguas superficiales, Ucayali 2023?	Evaluar a la cascara de arroz y la fibra de coco como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales, Ucayali 2023	La cascara de arroz y la fibra de coco son eficientes como bio absorbente en emergencia de derrames de petróleo y aceites residuales de motor recuperable en aguas superficiales, Ucayali 2023	**Variable Independiente:** Derrames de petróleo y aceites residuales de motor	Densidad	Densidad	g/cm3
				Tipo de hidrocarburo	Petróleo Aceite residual	ml ml
				Capacidad de absorción	Absorción	gr. / gr
				Capacidad de recuperación	Recuperación	gr / gr
Especifico	Especifico	General		Tipo de malla de contención		
¿Cuál es la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz?	Analizar la capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y la fibra de coco	La capacidad de absorción de petróleo y aceite de motor de la cascarilla de arroz y fibra de coco, es mayor a 1 gr / gr.	**Variable Dependiente**: Bio absorbente de la cascara arroz y la fibra de coco		Tul Tela Yute	
¿Cuál es la capacidad de recuperación del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco?	Determinar la capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco.	La capacidad de recuperación por compresión del petróleo y aceite residual de motor absorbido por la cascarilla de arroz y la fibra de coco, es de 0.5 gr/gr.		Absorbente	Cascarilla de arroz Fibra de coco Microfibra M3	gr. gr.
						%
¿Cuáles son las características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco utilizada como absorbente de petróleo y aceite residual de motor?	Determinar la características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco utilizada como absorbente de petróleo y aceite residual de motor	La características físico químicas de la cascarilla de arroz y fibra de coco utilizada como absorbente de petróleo y aceite residual de motor, 15% ceniza, 60% material volátil, 14 % carbono fijo, con densidad de 0.25g/cm3.		Características físico químicas	Ceniza Material volátil Carbono fijo	% %

Anexo 2: Panel Fotografico

Figura 6

Recolección de los residuos de coco



Figura 7

Procesado de la cascara de coco (Deshilachado)



Figura 8

Secado de la cascara de coco



Figura 9

Medición de dimensiones del contenedor de absorbente de cascara de coco



Figura 10

Llenado de contenedor con el absorbente de cascara de coco



Figura 11

Absorbente de coco con contenedor de tul



Figura 12

Absorbente de coco con contenedor de tela



Figura 13

Absorbente de coco con contenedor de yute



Figura 14

Recolección de los residuos de cascara de arroz



Figura 15

Llenado de contenedor con el absorbente de cascara de arroz



Figura 16

Absorbente de cascara de arroz con contenedor de yute



Figura 17

Absorbente de cascara de arroz con contenedor de tul



Figura 18

Absorbente de cascara de arroz con contenedor de tela



Figura 19

Llenado de recipiente contenedor de petróleo y/o aceite de motor

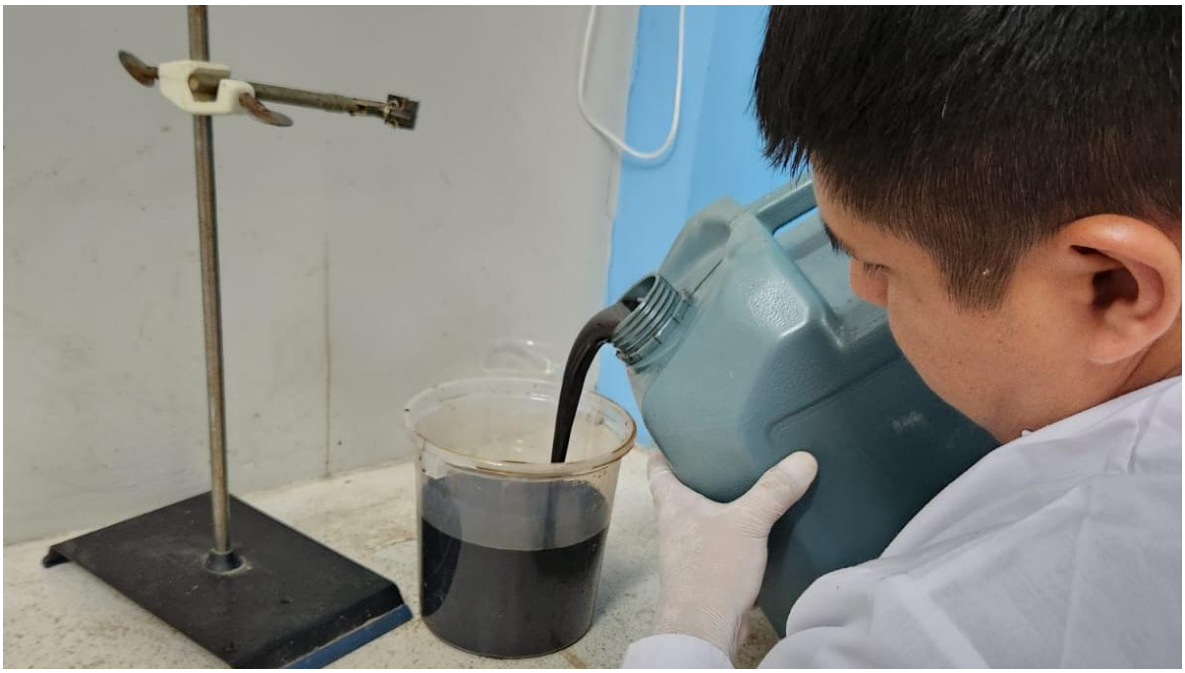


Figura 20

Pesado para obtener la masa inicial del absorbente en seco



Figura 21

Sumergido y escurrido del exceso de petróleo o aceite de motor absorbido por el bioabsorbente



Figura 22

Pesado post adsorción de petróleo y/o aceite de motor del bioabsorbente



Figura 23

Colocado y medido de absorbente en la prensa de compresión



Figura 24

Prensado de bioabsorbente con petróleo o aceite de motor.



Figura 25

Prueba de los bio absorbente s en una simulación de campo



Figura 26

Prueba de adsorción de control con cordón de microfibra 3M



Figura 27

Prueba de absorción con cordón de yute y fibra de coco



Figura 28

Prueba de absorción con cordón de yute y cascarilla de arroz



Figura 29

Prueba de absorción de cordón de tul con fibra de coco



Figura 30

Prueba de absorción de cordón de tul con cascarilla de arroz



Figura 31

Simulación del derrame controlado con petróleo



Anexo 3: Análisis Estadísticos

ANOVA de un solo factor: Relación de eficiencia g./g. vs. Absorbente para el aceite residual de motor

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	α = 0.05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Absorbente	7	Cascarilla de arroz con tela; Cascarilla de arroz con tul; Cascarilla de arroz con yute; Fibra de coco con yute; Fibra de coco con tela; Fibra de coco con tul; Microfibra M3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Absorbente	6	1.21483	0.202471	443.37	0.000
Error	28	0.01279	0.000457		
Total	34	1.22761			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0213698	98.96%	98.74%	98.37%

Medias

Absorbente	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cascarilla de arroz con tela	5	0.05945	0.01401	(0.03988; 0.07903)
Cascarilla de arroz con tul	5	0.02076	0.01471	(0.00118; 0.04034)
Cascarilla de arroz con yute	5	0.10423	0.01138	(0.08465; 0.12380)
Fibra de coco con yute	5	0.0941	0.0225	(0.0745; 0.1137)
Fibra de coco con tela	5	0.03394	0.01243	(0.01436; 0.05351)
Fibra de coco con tul	5	0.07834	0.01655	(0.05877; 0.09792)
Microfibra M3	5	0.5915	0.0415	(0.5719; 0.6110)

Desv.Est. agrupada = 0.0213698

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Absorbente	N	Media	Agrupación		
Microfibra M3	5	0.5915	A		
Cascarilla de arroz con yute	5	0.10423		B	
Fibra de coco con yute	5	0.0941		B	C

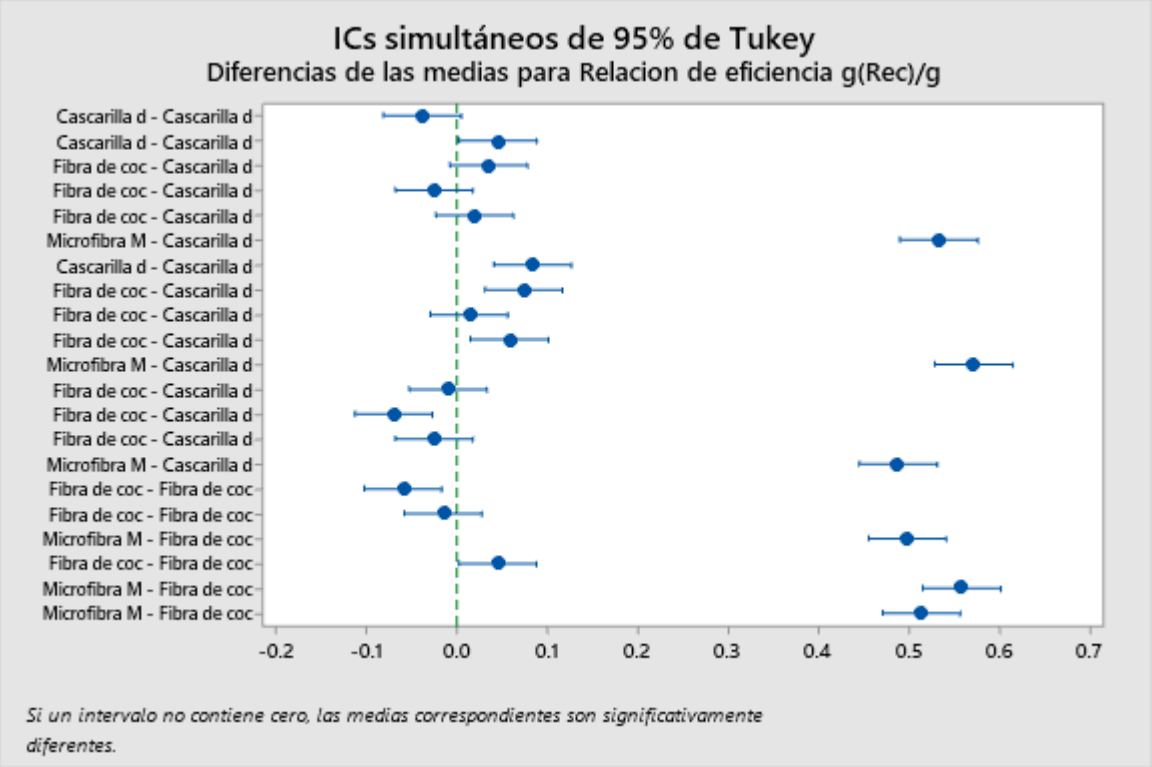
Fibra de coco con tul	5	0.07834	B	C	
Cascarilla de arroz con tela	5	0.05945		C	D
Fibra de coco con tela	5	0.03394			D
Cascarilla de arroz con tul	5	0.02076			D

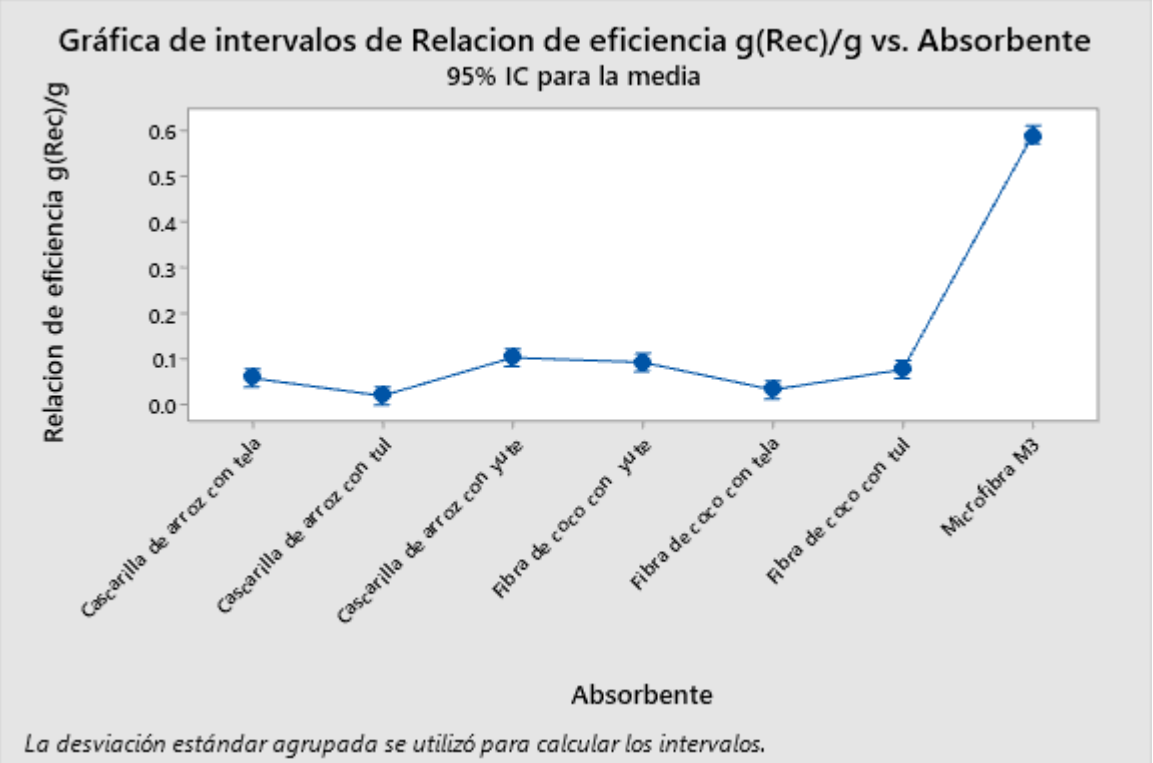
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

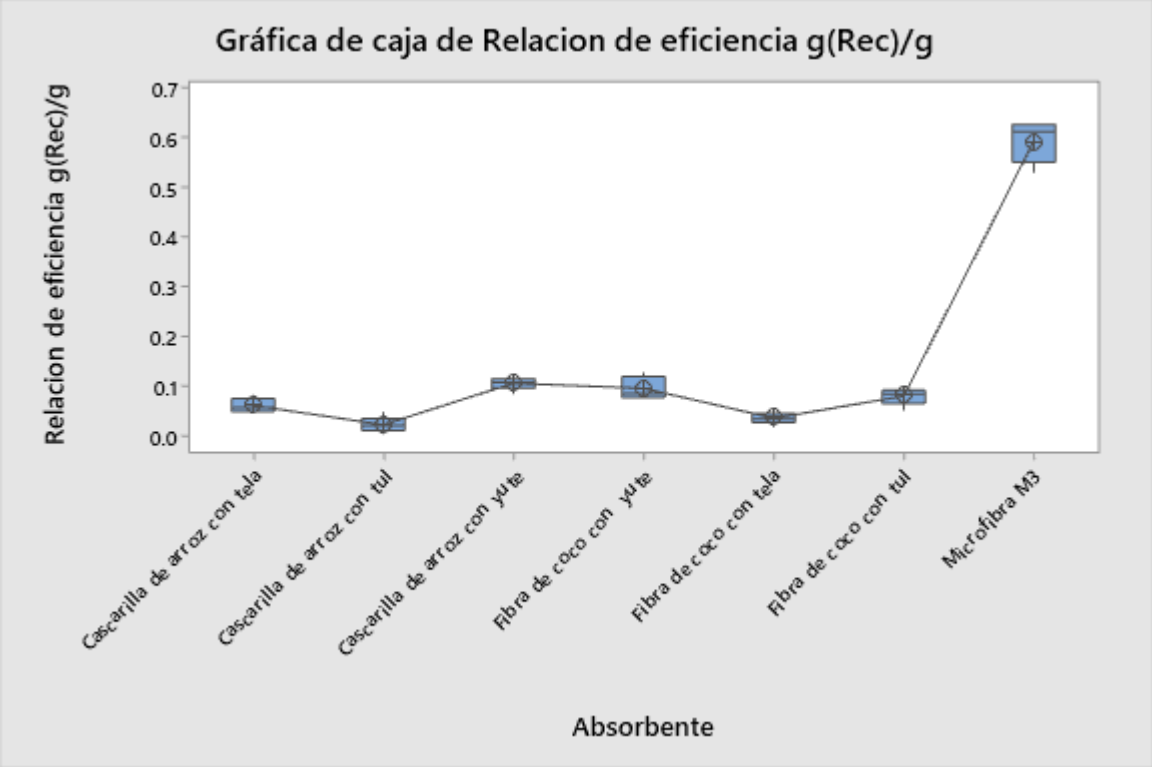
Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

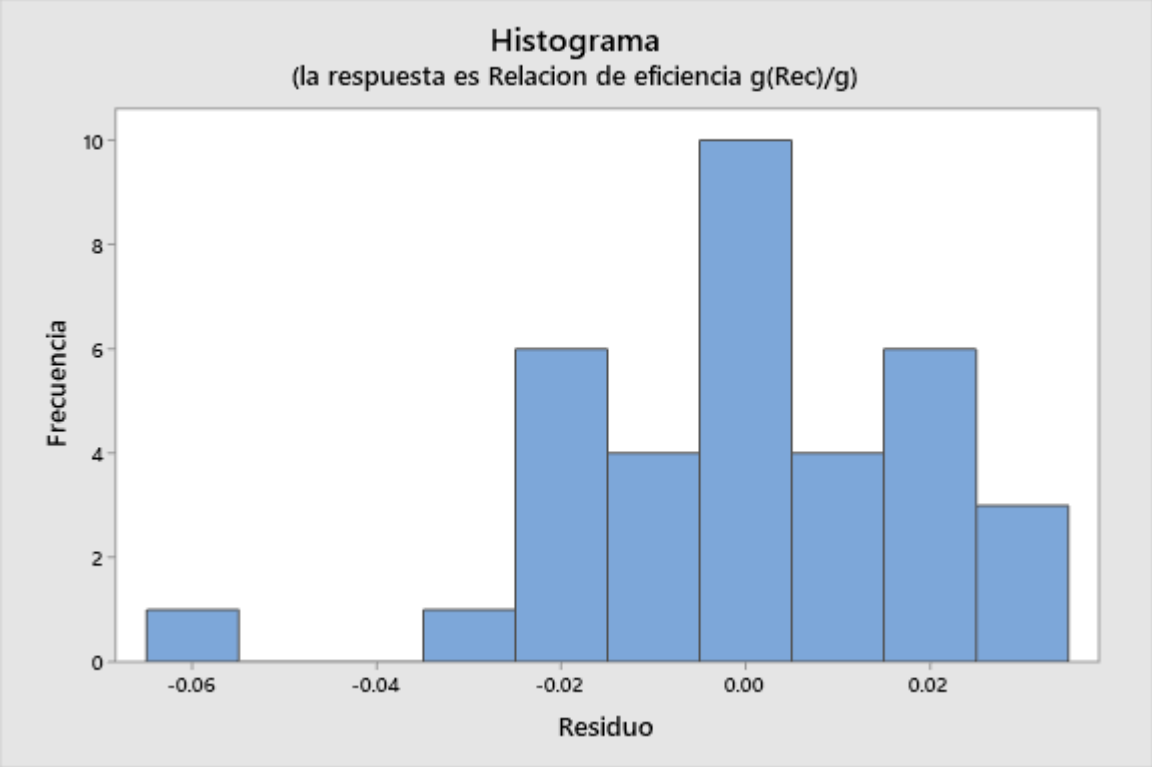
Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Cascarilla d - Cascarilla d	-0.0387	0.0135	(-0.0816; 0.0042)	-2.86	0.098
Cascarilla d - Cascarilla d	0.0448	0.0135	(0.0019; 0.0877)	3.31	0.036
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0346	0.0135	(-0.0083; 0.0775)	2.56	0.176
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0255	0.0135	(-0.0684; 0.0174)	-1.89	0.504
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0189	0.0135	(-0.0240; 0.0618)	1.40	0.798
Microfibra M - Cascarilla d	0.5320	0.0135	(0.4891; 0.5749)	39.36	0.000
Cascarilla d - Cascarilla d	0.0835	0.0135	(0.0406; 0.1264)	6.18	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0733	0.0135	(0.0304; 0.1162)	5.42	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0132	0.0135	(-0.0297; 0.0561)	0.98	0.955
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0576	0.0135	(0.0147; 0.1005)	4.26	0.004
Microfibra M - Cascarilla d	0.5707	0.0135	(0.5278; 0.6136)	42.23	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0102	0.0135	(-0.0531; 0.0328)	-0.75	0.988
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0703	0.0135	(-0.1132; -0.0274)	-5.20	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0259	0.0135	(-0.0688; 0.0170)	-1.92	0.488
Microfibra M - Cascarilla d	0.4872	0.0135	(0.4443; 0.5301)	36.05	0.000
Fibra de coc - Fibra de coc	-0.0601	0.0135	(-0.1030; -0.0172)	-4.45	0.002
Fibra de coc - Fibra de coc	-0.0157	0.0135	(-0.0586; 0.0272)	-1.16	0.902
Microfibra M - Fibra de coc	0.4974	0.0135	(0.4545; 0.5403)	36.80	0.000
Fibra de coc - Fibra de coc	0.0444	0.0135	(0.0015; 0.0873)	3.29	0.039
Microfibra M - Fibra de coc	0.5575	0.0135	(0.5146; 0.6004)	41.25	0.000
Microfibra M - Fibra de coc	0.5131	0.0135	(0.4702; 0.5560)	37.97	0.000

Nivel de confianza individual = 99.64%


ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para Relacion de eficiencia g(Rec)/g
Cascarilla d - Cascarilla d
Cascarilla d - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Cascarilla d - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Fibra de coc - Fibra de coc
Fibra de coc - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
Fibra de coc - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
-0.2
-0.1
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.


Gráfica de intervalos de Relacion de eficiencia g(Rec)/g vs. Absorbente
95% IC para la media
Relacion de eficiencia g(Rec)/g
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
Cascarilla de arroz con tela
Cascarilla de arroz con tul
Cascarilla de arroz con yute
Fibra de coco con yute
Fibra de coco con tela
Fibra de coco con tul
Microfibra M3
Absorbente
La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.


Gráfica de caja de Relacion de eficiencia g(Rec)/g
Relacion de eficiencia g(Rec)/g
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Cascarilla de arroz con tela
Cascarilla de arroz con tul
Cascarilla de arroz con yute
Fibra de coco con yute
Fibra de coco con tela
Fibra de coco con tul
Microfibra M3
Absorbente


Histograma
(la respuesta es Relacion de eficiencia g(Rec)/g)
Frecuencia
10
8
6
4
2
0
-0.06
-0.04
-0.02
0.00
0.02
Residuo

ANOVA de un solo factor: Relación de eficiencia g./g.vs. Absorbente para petróleo

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	α = 0.05

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Absorbente	7	Cascarilla de arroz con tela; Cascarilla de arroz con tul; Cascarilla de arroz con yute; Fibra de coco con yute; Fibra de coco con tela; Fibra de coco con tul; Microfibra M3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Absorbente	6	0.64200	0.107001	231.45	0.000
Error	28	0.01294	0.000462		
Total	34	0.65495			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0215015	98.02%	97.60%	96.91%

Medias

Absorbente	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cascarilla de arroz con tela	5	0.05560	0.01616	(0.03590; 0.07529)
Cascarilla de arroz con tul	5	0.02496	0.01052	(0.00526; 0.04466)
Cascarilla de arroz con yute	5	0.09887	0.01330	(0.07917; 0.11856)
Fibra de coco con yute	5	0.1141	0.0280	(0.0944; 0.1338)
Fibra de coco con tela	5	0.03417	0.01616	(0.01448; 0.05387)
Fibra de coco con tul	5	0.08454	0.01398	(0.06484; 0.10423)
Microfibra M3	5	0.4458	0.0380	(0.4261; 0.4655)

Desv.Est. agrupada = 0.0215015

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

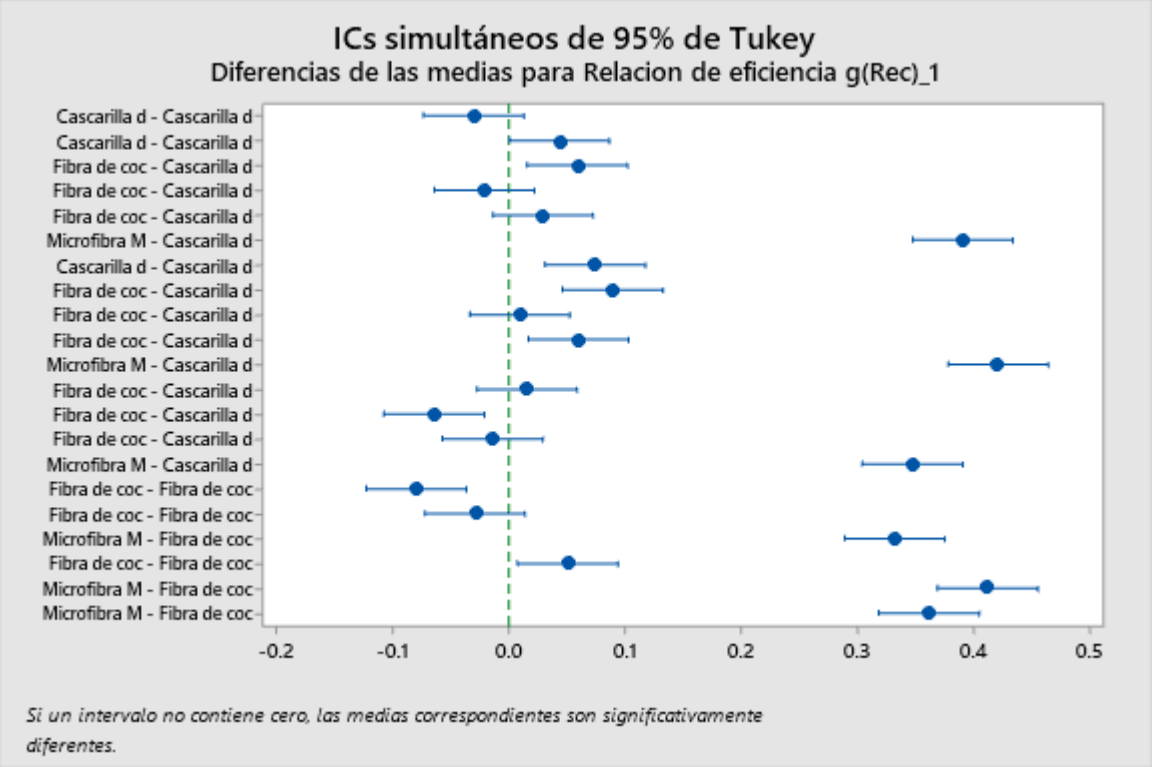
Absorbente	N	Media	Agrupación		
Microfibra M3	5	0.4458	A		
Fibra de coco con yute	5	0.1141		B	
Cascarilla de arroz con yute	5	0.09887		B	
Fibra de coco con tul	5	0.08454		B	C
Cascarilla de arroz con tela	5	0.05560			C D
Fibra de coco con tela	5	0.03417			D
Cascarilla de arroz con tul	5	0.02496			D

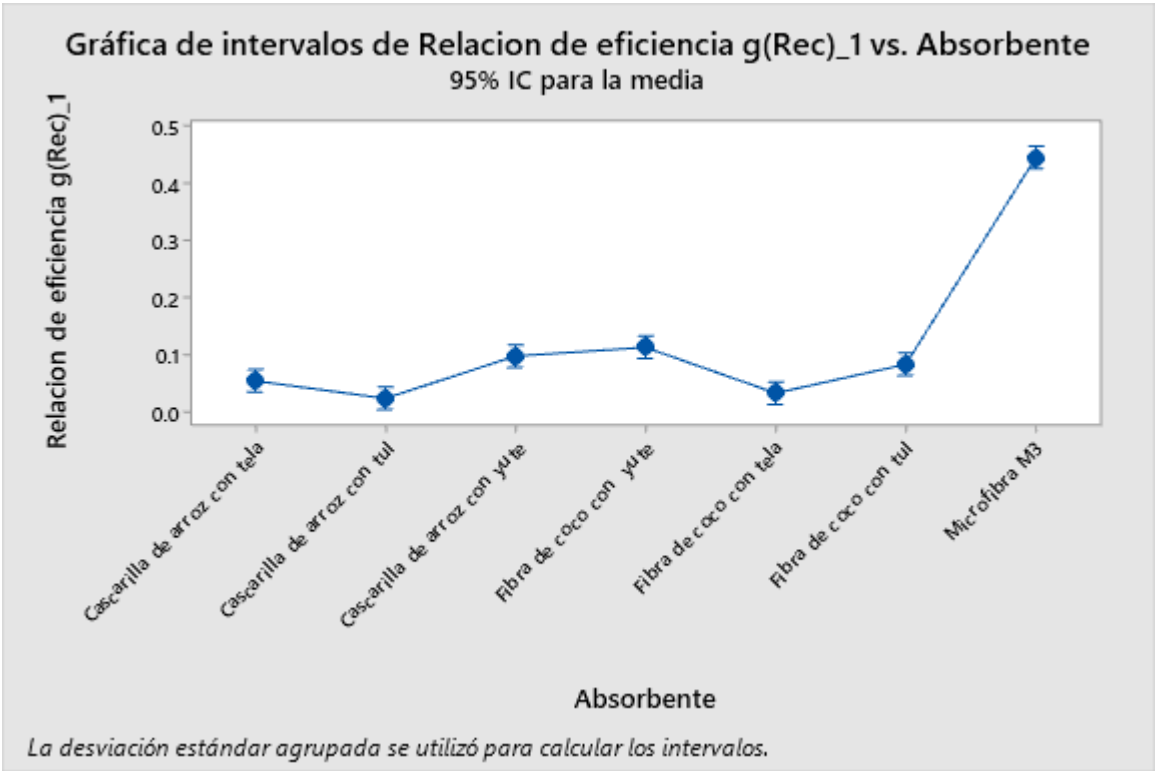
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

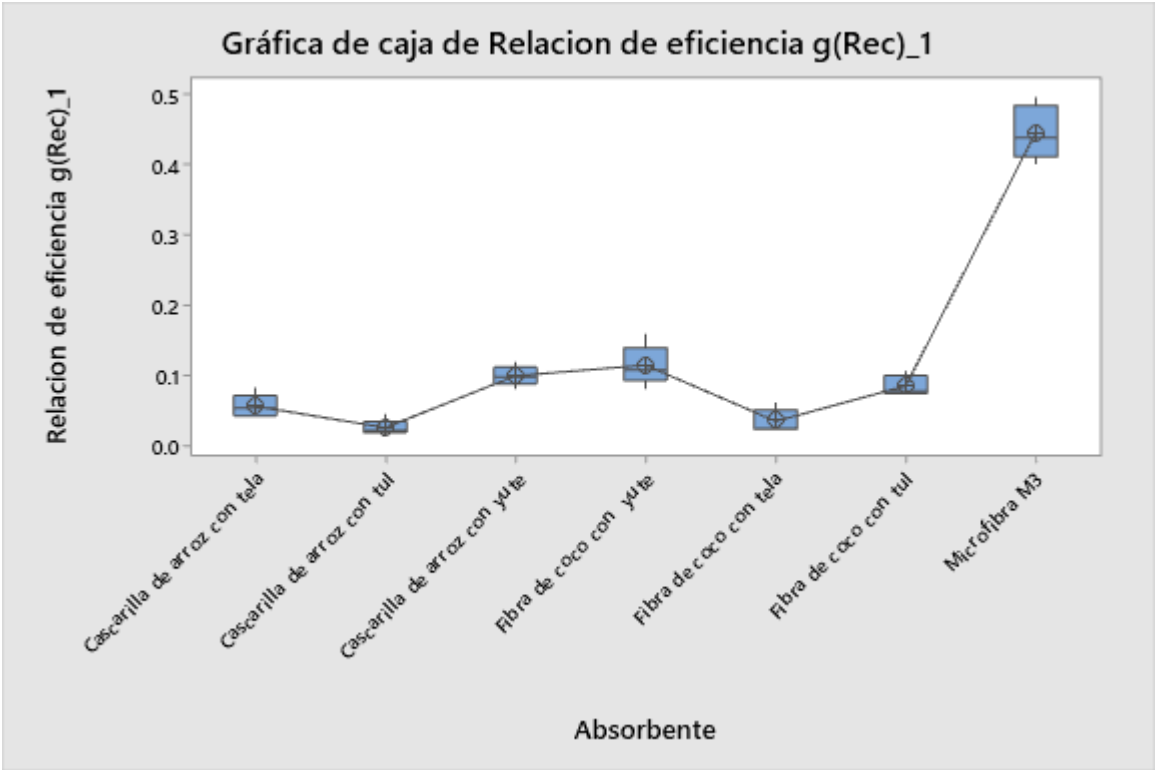
Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

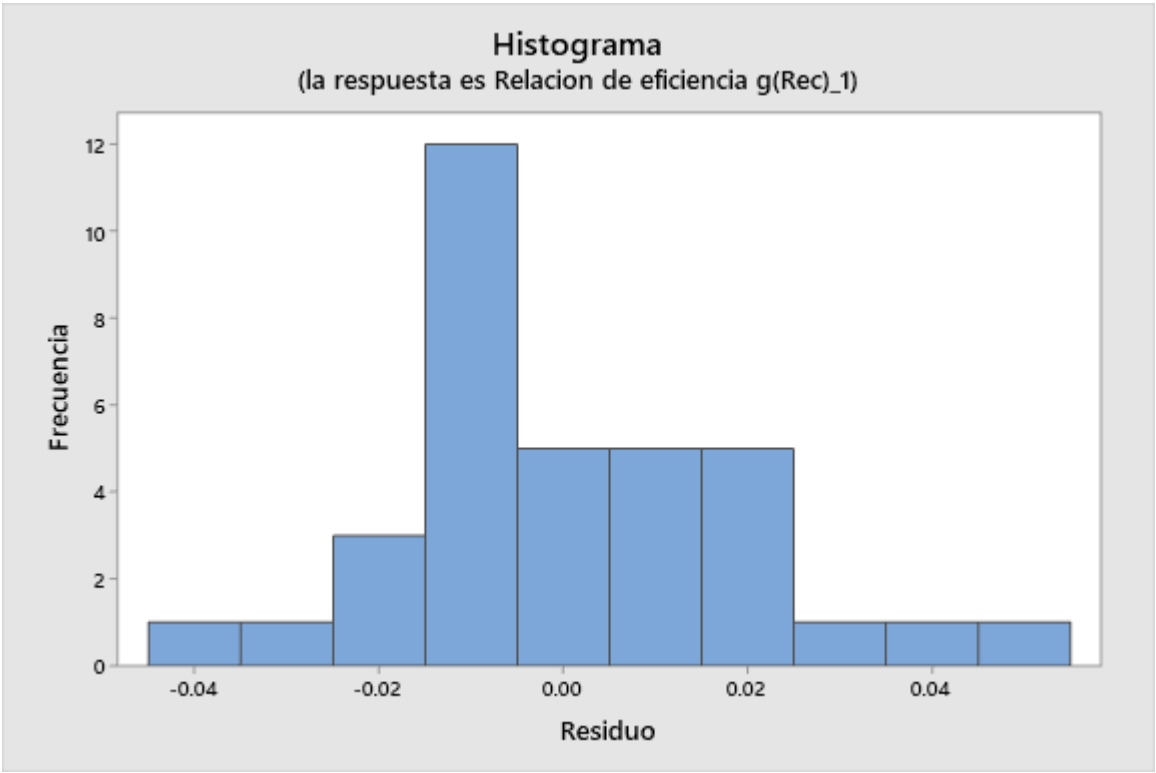
Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Cascarilla d - Cascarilla d	-0.0306	0.0136	(-0.0738; 0.0125)	-2.25	0.301
Cascarilla d - Cascarilla d	0.0433	0.0136	(0.0001; 0.0864)	3.18	0.049
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0585	0.0136	(0.0153; 0.1017)	4.30	0.003
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0214	0.0136	(-0.0646; 0.0218)	-1.58	0.698
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0289	0.0136	(-0.0142; 0.0721)	2.13	0.365
Microfibra M - Cascarilla d	0.3902	0.0136	(0.3471; 0.4334)	28.70	0.000
Cascarilla d - Cascarilla d	0.0739	0.0136	(0.0307; 0.1171)	5.43	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0891	0.0136	(0.0460; 0.1323)	6.56	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0092	0.0136	(-0.0340; 0.0524)	0.68	0.993
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0596	0.0136	(0.0164; 0.1028)	4.38	0.003
Microfibra M - Cascarilla d	0.4209	0.0136	(0.3777; 0.4640)	30.95	0.000
Fibra de coc - Cascarilla d	0.0152	0.0136	(-0.0279; 0.0584)	1.12	0.916
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0647	0.0136	(-0.1079; -0.0215)	-4.76	0.001
Fibra de coc - Cascarilla d	-0.0143	0.0136	(-0.0575; 0.0288)	-1.05	0.936
Microfibra M - Cascarilla d	0.3470	0.0136	(0.3038; 0.3901)	25.51	0.000
Fibra de coc - Fibra de coc	-0.0799	0.0136	(-0.1231; -0.0368)	-5.88	0.000
Fibra de coc - Fibra de coc	-0.0296	0.0136	(-0.0727; 0.0136)	-2.17	0.340
Microfibra M - Fibra de coc	0.3317	0.0136	(0.2885; 0.3749)	24.39	0.000
Fibra de coc - Fibra de coc	0.0504	0.0136	(0.0072; 0.0935)	3.70	0.014
Microfibra M - Fibra de coc	0.4117	0.0136	(0.3685; 0.4548)	30.27	0.000
Microfibra M - Fibra de coc	0.3613	0.0136	(0.3181; 0.4045)	26.57	0.000

Nivel de confianza individual = 99.64%


ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para Relacion de eficiencia g(Rec)_1
Cascarilla d - Cascarilla d
Cascarilla d - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Cascarilla d - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Fibra de coc - Cascarilla d
Microfibra M - Cascarilla d
Fibra de coc - Fibra de coc
Fibra de coc - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
Fibra de coc - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
Microfibra M - Fibra de coc
-0.2
-0.1
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.


Gráfica de intervalos de Relacion de eficiencia g(Rec)_1 vs. Absorbente
95% IC para la media
Relacion de eficiencia g(Rec)_1
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Cascarilla de arroz con tela
Cascarilla de arroz con tul
Cascarilla de arroz con yute
Fibra de coco con yute
Fibra de coco con tela
Fibra de coco con tul
Microfibra M3
Absorbente
La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.


Gráfica de caja de Relacion de eficiencia g(Rec)_1
Relacion de eficiencia g(Rec)_1
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Cascarilla de arroz con tela
Cascarilla de arroz con tul
Cascarilla de arroz con yute
Fibra de coco con yute
Fibra de coco con tela
Fibra de coco con tul
Microfibra M3
Absorbente


Histograma
(la respuesta es Relacion de eficiencia g(Rec)_1)
Frecuencia
12
10
8
6
4
2
0
-0.04
-0.02
0.00
0.02
0.04
Residuo

Anexo 4: Certificado de Analisis

Anexo 5: Certificado de acreditacion de laboratorio



Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación a:

INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Fernando Wiesse N° 3840, 1er Piso, Mz D-1, Lt 27 Asoc. Comercial Industrial y Artes, distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 07 de agosto de 2021
Fecha de Vencimiento: 06 de agosto de 2025

Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2021-08-31 19:27:07
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora. Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 467-2021-INACAL/DA
Contrato N° : N° 042-2021/INACAL-DA
Registro N° : LE-120

Fecha de emisión: 24 de agosto de 2021

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver. 02

Anexo 6: Matriz de datos

N°	Absorbente	Oleo	Peso absorbente en g.	Absorción final g.	Capacidad de absorción g./g.	% absorción	Peso final post compresión g.	Diferencia de peso post compresión g.	Capacidad de recuperación g./g.	% de recuperación	Relación de eficiencia g(Rec)/g (Abs)
1	Cascarilla de arroz con tul	aceite quemado	100	280	2.800	280.00	274	6.000	0.060	3.33	0.021
2	Cascarilla de arroz con tul	aceite quemado	99	266	2.687	268.69	262	4.000	0.040	2.40	0.015
3	Cascarilla de arroz con tul	aceite quemado	101	250	2.475	247.52	249	1.000	0.010	0.67	0.004
4	Cascarilla de arroz con tul	aceite quemado	99	249	2.515	251.52	238	11.000	0.111	7.33	0.044
5	Cascarilla de arroz con tul	aceite quemado	101	261	2.584	258.42	256	5.000	0.050	3.13	0.019
6	Cascarilla de arroz con tela	aceite quemado	102	212	2.078	207.84	202	10.000	0.098	9.09	0.047
7	Cascarilla de arroz con tela	aceite quemado	94	198	2.106	210.64	187	11.000	0.117	10.58	0.055
8	Cascarilla de arroz con tela	aceite quemado	99	216	2.182	218.18	201	15.000	0.152	12.82	0.069
9	Cascarilla de arroz con tela	aceite quemado	103	268	2.602	260.19	247	21.000	0.204	12.73	0.078
10	Cascarilla de arroz con tela	aceite quemado	100	214	2.140	214.00	204	10.000	0.100	8.77	0.046
11	Cascarilla de arroz con yute	aceite quemado	102	259	2.539	253.92	237	22.000	0.216	14.01	0.084
12	Cascarilla de arroz con yute	aceite quemado	101	218	2.158	215.84	195	23.000	0.228	19.66	0.105

13	Cascarilla de arroz con yute	aceite quemado	100	233	2.330	233.00	207	26.000	0.260	19.55	0.111
14	Cascarilla de arroz con yute	aceite quemado	99	264	2.667	266.67	234	30.000	0.303	18.18	0.113
15	Cascarilla de arroz con yute	aceite quemado	99	256	2.586	258.59	229	27.000	0.273	17.20	0.105
16	Fibra de coco con tela	aceite quemado	101	327	3.238	323.76	321	6.000	0.059	2.65	0.018
17	Fibra de coco con tela	aceite quemado	100	313	3.130	313.00	303	10.000	0.100	4.69	0.031
18	Fibra de coco con tela	aceite quemado	99	298	3.010	301.01	288	10.000	0.101	5.03	0.033
19	Fibra de coco con tela	aceite quemado	100	306	3.060	306.00	296	10.000	0.100	4.85	0.032
20	Fibra de coco con tela	aceite quemado	98	301	3.071	307.14	285	16.000	0.163	7.88	0.053
21	Fibra de coco con yute	aceite quemado	101	214	2.119	211.88	190	24.000	0.238	21.24	0.112
22	Fibra de coco con yute	aceite quemado	100	254	2.540	254.00	235	19.000	0.190	12.34	0.074
23	Fibra de coco con yute	aceite quemado	102	210	2.059	205.88	194	16.000	0.157	14.81	0.076
24	Fibra de coco con yute	aceite quemado	100	240	2.400	240.00	220	20.000	0.200	14.29	0.083
25	Fibra de coco con yute	aceite quemado	99	226	2.283	228.28	198	28.000	0.283	22.05	0.123
26	Fibra de coco con tul	aceite quemado	101	244	2.416	241.58	221	23.000	0.228	16.08	0.094

27	Fibra de coco con tul	aceite quemado	100	267	2.670	267.00	245	22.000	0.220	13.17	0.082
28	Fibra de coco con tul	aceite quemado	102	294	2.882	288.24	279	15.000	0.147	7.81	0.051
29	Fibra de coco con tul	aceite quemado	100	221	2.210	221.00	204	17.000	0.170	14.05	0.076
30	Fibra de coco con tul	aceite quemado	102	264	2.588	258.82	241	23.000	0.225	14.20	0.087
31	Microfibra M3	aceite quemado	100	1308	13.080	1308.00	509	799.000	7.990	66.14	0.610
32	Microfibra M3	aceite quemado	101	1204	11.921	1192.08	521	683.000	6.762	61.92	0.567
33	Microfibra M3	aceite quemado	103	1024	9.942	994.17	481	543.000	5.272	58.96	0.530
34	Microfibra M3	aceite quemado	100	1254	12.540	1254.00	471	783.000	7.830	67.85	0.62440191
35	Microfibra M3	aceite quemado	99	1289	13.020	1302.02	484	805.000	8.131	67.65	0.62451513
N°	**Absorbente**	**Oleo**	**Peso absorbente en g.**	**Absorción final g.**	**Capacidad de absorción g./g.**	**% absorción**	**Peso final post compresión g.**	**Diferencia de peso post compresión g.**	**Capacidad de recuperación g./g.**	**% de recuperación**	**Relación de eficiencia g(Rec)/g (Abs.)**
1	Cascarilla de arroz con tul	Petróleo	99	244	2.465	246.46	239	5.000	0.051	3.45	0.020
2	Cascarilla de arroz con tul	Petróleo	96	259	2.698	269.79	255	4.000	0.042	2.45	0.015
3	Cascarilla de arroz con tul	Petroleo	100	239	2.390	239.00	234	5.000	0.050	3.60	0.020
4	Cascarilla de arroz con tul	Petroleo	99	238	2.404	240.40	232	6.000	0.061	4.32	0.025
5	Cascarilla de arroz con tul	Petroleo	100	234	2.340	234.00	224	10.000	0.100	7.46	0.042
6	Cascarilla de arroz con tela	Petroleo	101	298	2.950	295.05	285	13.000	0.129	6.60	0.043
7	Cascarilla de arroz con tela	Petroleo	100	236	2.360	236.00	217	19.000	0.190	13.97	0.080

8	Cascarilla de arroz con tela	Petroleo	101	214	2.119	211.88	201	13.000	0.129	11.50	0.060
9	Cascarilla de arroz con tela	Petroleo	100	244	2.440	244.00	231	13.000	0.130	9.03	0.053
10	Cascarilla de arroz con tela	Petroleo	99	226	2.283	228.28	217	9.000	0.091	7.09	0.039
11	Cascarilla de arroz con yute	Petroleo	100	284	2.840	284.00	254	30.000	0.300	16.30	0.105
12	Cascarilla de arroz con yute	Petroleo	101	265	2.624	262.38	234	31.000	0.307	18.90	0.116
13	Cascarilla de arroz con yute	Petroleo	99	270	2.727	272.73	245	25.000	0.253	14.62	0.092
14	Cascarilla de arroz con yute	Petroleo	101	269	2.663	266.34	247	22.000	0.218	13.10	0.081
15	Cascarilla de arroz con yute	Petroleo	100	226	2.260	226.00	204	22.000	0.220	17.46	0.097
16	Fibra de coco con tela	Petroleo	100	335	3.350	335.00	327	8.000	0.080	3.40	0.023
17	Fibra de coco con tela	Petroleo	101	321	3.178	317.82	314	7.000	0.069	3.18	0.021
18	Fibra de coco con tela	Petroleo	99	310	3.131	313.13	297	13.000	0.131	6.16	0.041
19	Fibra de coco con tela	Petroleo	99	332	3.354	335.35	324	8.000	0.081	3.43	0.024
20	Fibra de coco con tela	Petroleo	100	355	3.550	355.00	334	21.000	0.210	8.24	0.059

21	Fibra de coco con yute	Petroleo	100	274	2.740	274.00	241	33.000	0.330	18.97	0.120
22	Fibra de coco con yute	Petroleo	100	254	2.540	254.00	214	40.000	0.400	25.97	0.157
23	Fibra de coco con yute	Petroleo	101	251	2.485	248.51	224	27.000	0.267	18.00	0.107
24	Fibra de coco con yute	Petroleo	99	270	2.727	272.73	248	22.000	0.222	12.87	0.081
25	Fibra de coco con yute	Petróleo	102	280	2.745	274.51	251	29.000	0.284	16.29	0.103
26	Fibra de coco con tul	Petroleo	104	229	2.202	220.19	212	17.000	0.163	13.60	0.074
27	Fibra de coco con tul	Petroleo	101	269	2.663	266.34	241	28.000	0.277	16.67	0.104
28	Fibra de coco con tul	Petroleo	99	259	2.616	261.62	239	20.000	0.202	12.50	0.077
29	Fibra de coco con tul	Petroleo	101	254	2.515	251.49	230	24.000	0.238	15.69	0.094
30	Fibra de coco con tul	Petroleo	100	234	2.340	234.00	217	17.000	0.170	12.69	0.072
31	Microfibra M3	Petroleo	100	1399	13.990	1399.00	736	663.000	6.630	51.04	0.473
32	Microfibra M3	Petroleo	101	1362	13.485	1348.51	765	597.000	5.911	47.34	0.438
33	Microfibra M3	Petroleo	99	1354	13.677	1367.68	784	570.000	5.758	45.42	0.420
34	Microfibra M3	Petroleo	100	1310	13.100	1310.00	784	526.000	5.260	43.47	0.401
35	Microfibra M3	Petroleo	100	1426	14.260	1426.00	721	705.000	7.050	53.17	0.494